D. R. BRAYMER ET A. C. ROE

REBOBINAGE DES PETITS MOTEURS

DUNOD

L'édition originale américaine de cet ouvrage a été publiée par Mc Graw Hill Book Company, Inc., *sous le titre* •
REWINDING SMALL MOTORS.

REBOBINAGE
DES
PETITS MOTEURS

PROCÉDÉS D'ATELIERS AVEC DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES MÉTHODES DE REBOBINAGE POUR TOUS LES TYPES DE MOTEURS A FRACTION DE CHEVAL A.C.C. ET A.C.A.

PAR

D. H. BRAYMER
EX-DIRECTEUR-ÉDITEUR
DE « INDUSTRIAL ENGINEER »

ET

A. C. ROE
INGÉNIEUR A LA « WESTINGHOUSE
ELECTRIC CORPORATION »

TRADUIT D'APRÈS LA TROISIÈME ÉDITION AMÉRICAINE

PAR

J. BERNOT
INGÉNIEUR ÉLECTROCHIMISTE
I. E. C. M. G.

ET

M. JOLY
INGÉNIEUR I. E. G.
ET E. S. E.

TROISIÈME ÉDITION

PARIS

DUNOD

92, RUE BONAPARTE (VI^e^)

1951

Tous droits réservés.
Copyright 1949 by Mc Graw Hill Book Company, Inc.
Imprimé en France.

PREFACE DE LA PREMIERE EDITION

Le bobinage des induits demande un mélange d'adresse, de soin et de bon sens, en même temps que des connaissances pratiques sur la construction des moteurs et leur fonctionnement, qui, habituellement, s'accroissent avec le temps. Toutefois, même le bobineur expérimenté n'a pas toujours une expérience également étendue de tous les types de moteurs, alors que s'il dispose, conjointement à l'expérience précédemment acquise, de données pratiques, il peut rapidement comprendre les détails essentiels qui lui permettront d'exécuter correctement un nouveau bobinage.

Comme bien peu de livres pratiques ont été publiés sur le bobinage des moteurs d'une fraction de cheval, à courant alternatif ou continu, les auteurs ont essayé de faire de ce volume une somme des connaissances concernant tous les types de moteurs courants, utilisés dans la construction de perceuses portatives, meules, démarreurs d'automobiles, machines à coudre, ventilateurs de bureau ou de plafond, aspirateurs et machines à laver, etc. Ces détails de bobinage sont donnés pas à pas, depuis le début du bobinage jusqu'à son achèvement, de façon à rendre leur utilisation commode au bobineur expérimenté, tout en lui donnant une vue d'ensemble des techniques principales utilisées par les constructeurs de petits moteurs; il pourra ainsi rebobiner ou modifier à la demande les moteurs qui lui sont confiés, même si son expérience du rebobinage de certains types est réduite.

Le rebobinage des petits moteurs, le plus souvent, n'est qu'un simple travail manuel, qui demande cependant les mêmes méthodes de jugement et le même soin que le rebobinage des moteurs de forte puissance. A l'atelier de rebobinage, si l'on veut que le travail sur un petit moteur rapporte, en tenant compte du prix réduit d'un moteur neuf, il est primordial que les frais de main-d'œuvre soient réduits, ce qui implique une bonne vitesse d'exécution et une connaisance pratique étendue des types de bobinages utilisés, afin d'éviter les erreurs, que l'on ne découvre qu'une fois

le travail terminé. Il existe des méthodes rapides d'essai et de vérification en cours de travail, qui permettent l'exécution de ce dernier dans les meilleures conditions. Nous avons tenu compte de ces divers facteurs dans la rédaction de cet ouvrage, de telle sorte que les détails pratiques sont décrits soigneusement; nous les avons accompagnés d'aussi peu de détails techniques que possible, tout en donnant les raisons pour lesquelles le bobinage était conduit de la sorte.

Ce livre sera, nous l'espérons, le livre de chevet du bobineur de petits moteurs à courant alternatif ou continu, et non pas un livre de science pure sur le sujet. Nous espérons, malgré cela, qu'il rendra des services aux écoles techniques qui donnent à leurs élèves des cours de bobinage.

Nombreuses sont les données de ce livre qui proviennent d'articles publiés dans *Industrial Engineer*. Nous remercions M. E. H. Hubert, qui fut rédacteur en chef de cette revue, pour l'aide qu'il nous a fournie en reclassant les documents ainsi publiés, ainsi que pour l'exécution de certains schémas de ce livre. Les auteurs doivent également toute leur reconnaissance aux constructeurs qui ont sans restriction fourni les détails et schémas demandés.

Un livre aussi riche en détails pratiques contient inévitablement des erreurs. Malgré tout le soin apporté à sa revision, les auteurs seront reconnaissants aux lecteurs qui leur signaleront les erreurs qui auraient pu leur échapper.

DANIEL H. BRAYMER.

A. C. ROE.

Chicago, Illinois, juin 1925.

PREFACE DE LA TROISIEME EDITION

Les petits moteurs, d'une puissance inférieure à un cheval, sont maintenant tellement répandus que leur construction et leur réparation font l'objet d'une importante industrie. Les constructeurs ont mis au point des fabrications en série peu coûteuses, ce que l'on peut traduire en disant que le rebobinage doit être exécuté dans des conditions aussi économiques que possible, en utilisant les dernières techniques de l'industrie, ausi bien du point de vue mode opératoire qu'emploi des produits les plus récents. La troisième édition de ce livre a été revisée pour tenir compte d'une façon aussi précise que possible de ces techniques et de ces matériaux modernes.

Les modes opératoires de rebobinage ont été rendus plus clairs par addition de nouvelles photographies et de nouveaux schémas. Nous avons ajouté également de nouveaux types de bobinages, parmi lesquels le bobinage de base à sommet, exécuté à la machine ou à la main, pour moteurs à courant continu, dans lequel tous les conducteurs de sortie des sections se trouvent au sommet des encoches, le nouveau bobinage à la machine, d'exécution rapide, à conducteurs du côté opposé au collecteur, et de nombreux autres bobinages qui donnent au bobineur, à l'ingénieur et à l'étudiant des détails pratiques sur le rebobinage des petits moteurs.

De nouveaux produits, tels que les résines synthétiques (acétate de polyvinyle), fils émaillés, dont les noms commerciaux sont « Formex », « Formvar », « Roevar », etc., se sont rapidement répandus, et facilitent le travail de l'ingénieur, du fabricant et du bobineur. On utilise couramment des fils isolés à la soie de verre et des tissus et rubans de verre imprégnés ou non, etc. Les nouveaux vernis aux silicones, résistant aux températures élevées, utilisés conjointement aux isolants au verre permettent de réaliser des moteurs plus puissants de petites dimensions.

Cette nouvelle édition tient compte de tous ces produits nouveaux, ce qui permettra à l'ingénieur et au bobineur d'augmenter

la puissance et la durée des moteurs rebobinés en rebobinant en classe B un moteur dont l'isolement n'était que de la classe A, etc. Ainsi, des moteurs dont les conditions de travail sont difficiles pourront produire plus de puissance utile avec des risques de détérioration moindres.

En 1939, Cyril G. Veinott a publié son livre *Fractionnal Horsepower Electric Motors;* il donne de nombreux détails sur les petits moteurs à courant alternatif et à courant continu; depuis, ce livre a été également revisé. Par suite, quand nous avons revu notre ouvrage, nous nous sommes efforcés d'éviter les répétitions entre ces deux livres, de façon à ce qu'ils constituent un tout. Nous avons ajouté de multiples détails concernant le rebobinage, les types de bobinage, et l'isolement des petits moteurs à courant alternatif et à courant continu, ce qui permettra de faire des recoupements par rapport à d'autres ouvrages.

Daniel Harvey Braymer est mort subitement chez lui, Omaha, Neb., le 29 octobre 1932, mettant ainsi fin à une brillante carrière; il avait publié de nombreux livres pratiques sur les réparations des moteurs. Son aide et ses conseils nous ont fait grandement défaut lors de la revision de cet ouvrage.

A. C. Roe.

Turtle Creek, Pa., septembre 1949.

Les traducteurs remercient sincèrement M. André Bachus, diplômé I. T. N., chef de centrale, qui a bien voulu relire les épreuves.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE DE LA 1re ÉDITION V
PRÉFACE DE LA 3e ÉDITION VII

PREMIERE PARTIE

Procédé de rebobinage des induits à courant continu

CHAPITRE PREMIER. — Ce qu'il faut faire avant d'envoyer une machine au banc de réparation 3
CHAPITRE II. — Relevé des données du bobinage et démontage d'un induit à courant continu 13
— III. — Isolation du fil et isolement du noyau de l'induit 29
— IV. — Termes de bobinage et renseignements généraux 47
— V. — Conducteurs sortis à l'opposé du collecteur et bobinage à la machine 70
— VI. — Bobinage en boucle à la machine 81
— VII. — Bobinage en boucle à la machine *(suite)* 94
— VIII. — Bobinage en boucle, section à pas à droite passant à droite de l'arbre 106
— IX. — Enroulement spécial à boucle à pas divisé .. 114
— X. — Bobinage en boucle à la main, pas à droite, conducteur aux extrémités des encoches 121
— XI. — Enroulement à sections parallèles deux à deux 144
— XII. — Enroulement en boucle à section en V, enroulements à sections divisées suivant leur axe, bobinage à main progressif, bobinage des induits de démarreurs et dynamos d'automobile 176
— XIII. — Bobinage en V, de sommet à base, nombre d'encoche pair, par moitiés et continu 194
— XIV. — Bobinage en V à deux sections, continu, de sommet à base avec nombre pair d'encoches. 234
— XV. — Bobinage en V continu, de sommet à base, avec nombre d'encoche impair 249
— XVI. — Bobinage en V continu de base à sommet, nombre d'encoches pair et pas pair 258

CHAPITRE XVII. — Bobinage en V continu, de base à sommet, nombre d'encoche pair et pas impair..... 283
— XVIII. — Comment déterminer la position du collecteur sur l'arbre 294
— XIX. — Mise au collecteur des induits bobinés à la main..... 299
— XX. — Vérification des induits pendant et après bobinage 310

DEUXIEME PARTIE

Procédé de rebobinage des petits moteurs monophasés à courant alternatif

CHAPITRE XXI. — Vérification et repérage des défauts des petits moteurs à courant alternatif lors de leur arrivée dans l'atelier de réparation..... 327
— XXII. — Données à relever avant de débobiner un petit moteur à courant alternatif..... 332
— XXIII. — Isolement des tôles et des enroulements, qualités pour les moteurs monophasés..... 338
— XXIV. — Bobinage des stators en écheveau..... 341
— XXV. — Bobinage des stators à la main 351
— XXVI. — Connexions sur le stator, bobiné à la main ou en écheveau 360
— XXVII. — Rebobinage des petits moteurs universels... 370
— XXVIII. — Rebobinage d'un moteur série compensé.... 382
— XXIX. — Bobinages des moteurs monophasés de ventilateurs 386
— XXX. — Trois moteurs spéciaux à courant alternatif. 400
— XXXI. — Remplacement d'un enroulement monophasé par un enroulement biphasé ou triphasé.... 417
— XXXII. — Vérification et essai des machines monophasées pendant et après le bobinage..... 427

TROISIEME PARTIE

Rebobinage des petits moteurs triphasés

CHAPITRE XXXIII. — Rebobinage des petits stators triphasés..... 443
— XXXIV. — Passage des sections en losange aux sections arrondies 457
— XXXV. — Facteur corde pour les enroulements triphasés..... 468
— XXXVI. — Bobinages imbriqués 477
— XXXVII. — Bobinage à recouvrement, à sections semi-circulaires, conducteurs isolés aux silicones.. 495

PREMIÈRE PARTIE

I

PROCÉDÉ DE REBOBINAGE DES INDUITS A COURANT CONTINU

CHAPITRE PREMIER

CE QU'IL FAUT FAIRE AVANT D'ENVOYER UNE MACHINE AU BANC DE RÉPARATION

Dans les petits ou les grands ateliers de réparation, pour éviter les erreurs et les malentendus au cours de la réparation et au moment d'en facturer le prix au client, on aura recours à un système simple mais complet de fiches, faisant ressortir l'état de la machine à la réception et tous les détails du travail à exécuter. Ces renseignements figureront sur un bon de travail ou fiche de commande portant un numéro d'ordre auquel on imputera tous les temps passés et les matières sorties. Un système simple d'enregistrement, convenant à une grande variété de travaux de réparation, comportera :

1° Une étiquette de réception portant le numéro de la commande.

2° Un bon de travail ou fiche de commande portant également le numéro de commande.

3° Une fiche de matières, à utiliser pour sortir les matières du magasin.

4° Une fiche de temps pour enregistrer le temps de chacun des ouvriers que nécessite l'exécution de la commande.

Avant de confier l'exécution d'une commande à un ouvrier, on portera sur ces fiches toutes les indications nécessaires sur le travail à faire. Le temps passé dans ces conditions est négligeable devant les avantages qu'on en retire. Tous les éléments de la commande se trouvant ainsi groupés au complet, chaque ouvrier ayant à exécuter une partie quelconque du travail aura toujours à se reporter à la même source de renseignements. Cela contribuera beaucoup à éviter les malentendus, à prévenir les modifications coûteuses quand le client est difficile à satisfaire et permet de vérifier soigneusement le travail à la réception.

Les écritures et les fiches de réparation diffèrent dans presque chaque atelier. En général, on part d'un système simple et on le

complète au fur et à mesure, sans toutefois le compliquer trop, car autrement il deviendrait onéreux et augmenterait inutilement le coût de chaque travail. Les détails qui suivent concernent des fiches faciles à remplir, procurant des renseignements suffisants pour répondre à toutes les questions essentielles au cours de l'exécution d'un travail, ainsi qu'au moment de l'établissement de la facture. De plus, ces fiches constituent une documentation qui rendra de grands services pour faire des devis rapides. La tenue d'un tel fichier est aussi importante que l'effort fourni pour obtenir un travail de haute qualité. Il faut donc remplir con-

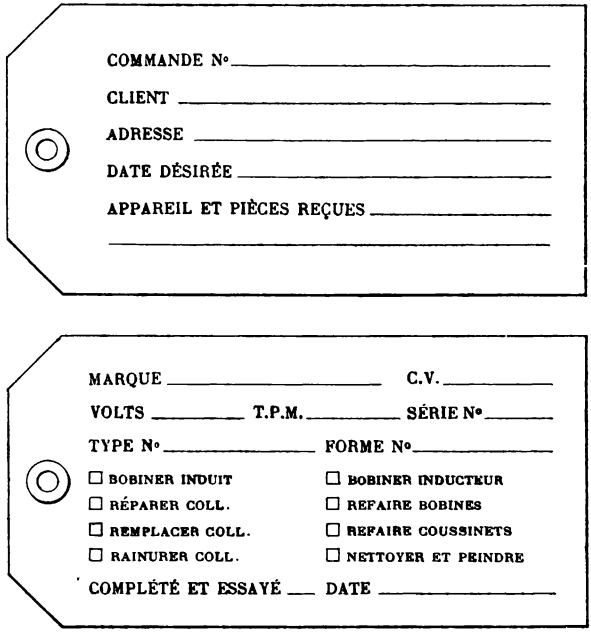


FIG. 1. — Etiquette de réception.

venablement ces fiches telles qu'elles sont décrites et figurées ci-après. C'est la première chose à faire avant une réparation, étant entendu qu'il ne s'agit pas de simples détails d'écritures que l'on pourrait confier à un commis possédant une vague connaissance des éléments de la réparation.

A moins que la transcription primitive des instructions et des désirs du client ne soit pas claire, bien spécifiée et exacte, il est probable que le travail terminé ne nécessitera pas de retouches et, à l'examen, s'avèrera irréprochable. Beaucoup de bons ateliers, ayant l'équipement et l'expérience nécessaires pour effectuer du

bon travail, ont acquis involontairement la réputation de gâcher le travail et d'être incapables de suivre les instructions du client. En réalité, leur faute ne consiste pas en une incapacité pour suivre des instructions avec exactitude, mais tient à ce qu'ils ne réussissent pas à forcer le client à préciser ses désirs, pour pouvoir ensuite résumer ces derniers sur des fiches de ce genre, reconnues essentielles pour fournir des renseignements complets sur la réparation. Des fiches convenables pour enregistrer tous ces renseignements sont décrites et figurées aux paragraphes suivants.

Etiquette de réception. — Une étiquette de réception doit être attachée au moteur ou autre appareil à réparer, avant de passer celui-ci à un ouvrier pour l'exécution du travail. Cette étiquette ne doit plus jamais être enlevée jusqu'au moment où l'appareil réparé est sur le point d'être expédié, après une vérification finale pour

BON DE TRAVAIL OU FICHE DE COMMANDE

COMMANDE N° _____ CLIENT _____

ADRESSE _____

DATE DE RÉCEPTION _____

DATE PROMISE _____

ENVOI PAR G.V _____ COLIS POSTAL _____

ON VIENDRA PRENDRE _____ C / REMBOURSEMENT _____
OUI OU NON

APPAREIL REÇU

MARQUE _____ CV. _____ VOLTS _____

T.P.M _____ SÉRIE N° _____ TYPE N° _____

FORME N° _____

TRAVAIL A EFFECTUER

BOBINER INDUIT _____ BOBINER INDUCTEURS _____

REFAIRE BOBINES _____

ISOLER COLLECTEUR _____ REMPLACER COLLECTEUR _____

REFAIRE COUSSINETS _____ EMBALLAGE _____

REMARQUES TOUCHANT AUTRES TRAVAUX _____

DATE FINITION _____

MATIÈRES EMPLOYÉES FRS _____

MAIN D'ŒUVRE FRS _____

EMBALLAGE FRS _____

COÛT TOTAL FRS _____

FIG. 2. — Bon de travail ou fiche de commande.

s'assurer que le travail commandé a été entièrement exécuté et que les différentes pièces reçues ont bien été rassemblées pour l'expédition. La figure 1 représente une étiquette convenant pour un petit atelier. Cette étiquette de réception doit indiquer le numéro de la commande et les pièces reçues à réparer. Des colonnes seront

également disposées de telle sorte que l'on puisse contrôler le bon de travail ou fiche de commande d'après l'étiquette de réception, en vue de la vérification finale mentionnée plus haut. Il est d'une bonne pratique de noter sur cette étiquette de réception les pièces accessoires telles que poulies, socles, glissières, coffrets de démarrage, etc., et de contrôler la réexpédition de ces pièces. De petits détails de ce genre contribuent à satisfaire le client, car un pignon ou une poulie qui manque rend l'appareil renvoyé inutilisable.

Bon de travail ou fiche de commande. — La fiche de commande doit être tenue par le contremaître de l'atelier et doit comporter des emplacements pour les indications suivantes : 1° détails sur la machine reçue, comprenant le nom du constructeur, le type et autres chiffres d'identification; 2° date promise ou prévue pour la livraison; 3° détails du travail à exécuter; 4° détails sur les travaux spéciaux non signalés dans l'ordre de réparation initial,

COMMANDE N° _____ DATE _____ NOM DU CLIENT _____

NOM DE L'OUVRIER _____ APPAREIL RÉPARÉ _____

MATIÈRES	BOBINE N°	QUANTITÉ			PRIX UNITAIRE	VALEUR
		SORTIE	RENTRÉE	EMPLOYÉE		
Fil						
Isolant d'Encoche						
Mica						
Lames de collecteur						
Vernis						
Peinture						
Gaz pour Etuvage						
Divers						

FIG. 3. — Fiche de « matières employées ».

mais autorisés comme faisant partie du travail à exécuter; 5° détails sur l'emballage et sur les marques à apposer sur ce dernier lors de l'expédition.

La figure 2 représente un type de fiche de commande contenant tous ces renseignements, cette fiche étant utile également pour faire le prix de revient exact de la réparation. Cette fiche pourra être faite en carton de l'épaisseur des cartes postales ordinaires, et aura environ 15 cm. × 20 cm.; elle sera rangée verticalement dans un fichier placé sur le bureau du contremaître.

Fiches de matières et fiches de temps. — Ces fiches seront établies pour indiquer la nature des matières employées, les quantités de ces dernières, et le nombre d'heures effectivement passées par chaque ouvrier travaillant sur la commande. Elles comporteront aussi des emplacements pour les prix des matières employées, le salaire horaire et le prix du temps passé à exécuter la commande. La figure 3 représente une fiche de matières pour travaux de réparation et des travaux de finition comme le vernissage et l'étuvage. La figure 4 représente un type commode de fiche de temps.

Renseignement sur le prix de revient et la facture. — Les renseignements portés sur les fiches représentées figures 2, 3 et 4 permettent d'obtenir le prix de revient d'une réparation et le prix total à facturer. Le détail du prix de vente ainsi que les instructions pour l'expédition en retour sont donnés sur la fiche de la figure 2. Cette fiche particulière peut aussi être faite comme une

COMMANDE N° _____ DATE _____

NOM DU BOBINEUR _____

OPÉRATION _____

TEMPS NORMAL _____ HRS. _____ MIN. _____

TEMPS EN PLUS _____ HRS. _____ MIN. _____

TOTAL DES HEURES _____

TAUX _____ TOTAL FRS _____

FIG. 4. — Fiche de « temps passé ».

enveloppe, dans laquelle toutes les écritures concernant la commande, y compris la correspondance et les fiches représentées par les figures 2, 3 et 4, peuvent être enfermées et classées pour servir plus tard de référence pour un travail similaire, ou pour aider à l'estimation d'un nouveau travail du même genre.

Vérifications. — Après avoir convenablement rempli les fiches ci-dessus, l'étape suivante dans la suite des opérations à effectuer sur une machine à réparer est un examen pour déterminer l'étendue et la nature des réparations exigées. En dehors des cas où un moteur a été grillé, ou bien s'il est endommagé au point que le débobinage complet et le rebobinage s'imposent de toute évidence, quelques essais de vérification sont habituellement nécessaires. Dans le cas de petits moteurs de l'ordre de 1/6, 1/8 et 1/4 CV., le prix d'un moteur neuf est si peu élevé qu'un atelier de réparation

doit être équipé avec toutes les facilités voulues et pourvu d'un personnel connaissant bien les opérations sur les petits moteurs, sinon les prix des réparations seront excessifs. Néanmoins, quand on prend soin de faire le rebobinage des petits induits et autres travaux de réparation en cherchant à activer les opérations et à réduire au minimum les déchets de matières, les travaux de réparation des petits moteurs constituent une source de revenus avantageuse pour tout atelier. Ceci est particulièrement vrai pour les démarreurs et génératrices d'automobiles, les moteurs de ventilateurs, de machines à laver et d'aspirateurs, les moteurs de petites perceuses et similaires.

Quand on reçoit un de ces types de moteurs à réparer, un induit ou une bobine inductrice grillés se signalent soit par l'aspect, soit par l'odeur de brûlé dégagée par le moteur. En frappant légèrement l'induit avec un tournevis, l'isolant s'effritera si l'induit est grillé; en outre, la soudure des connexions au collecteur aura, dans bien des cas, fondu de sorte que les fils seront détachés ou tiendront si peu qu'on pourra les détacher très facilement avec un tournevis.

Avant d'essayer de faire démarrer un moteur, il faut vérifier le collecteur en ce qui concerne les circuits ouverts et les courts-

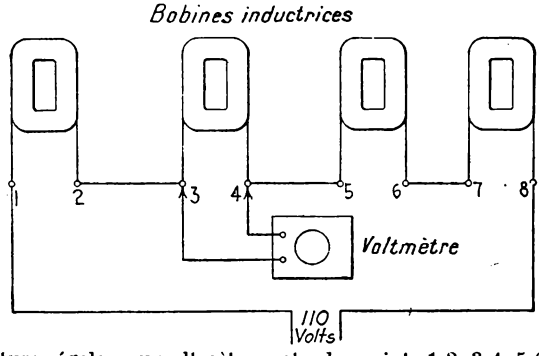


FIG. 5. — Des lectures égales, au voltmètre, entre les points 1-2, 3-4, 5-6 et 7-8, indiquent que l'isolement des bobines n'est pas rompu. Une lecture plus faible pour une quelconque des bobines indique un court-circuit dans cette bobine.

circuits. Un circuit ouvert dans l'induit causera un noircissement des lames entre lesquelles existe la coupure. Un court-circuit produira aussi une apparence de brûlé, mais le mica entre les lames sera brûlé plus profondément.

Vérification des bobines inductrices. — Pour vérifier les bobines inductrices on appliquera au jeu de bobines connectées

en série le voltage normal pour lequel le moteur est prévu, et l'on mesurera la chute de tension aux bornes de chaque bobine comme le montre la figure 5. Une lecture faible pour une bobine quelconque indique un court-circuit dans celle-ci. Les bobines inductrices peuvent être vérifiées en les connectant aux bornes du secteur ayant un voltage approprié, durant une minute environ. Si une bobine est en court-circuit il s'en dégagera une odeur de brûlé. Ce sont là des vérifications très simples et rapides qui donneront des résultats corrects neuf fois sur dix si elles sont faites par un réparateur expérimenté. Pour des vérifications plus sûres, quand le défaut paraît difficile à localiser, on devra employer l'équipement et les méthodes ci-dessous.

Equipement pour faire des vérifications sûres. — Pour localiser les défauts dans les petits induits à courant continu on emploiera le transformateur d'essai représenté figure 6, qui donne des résultats rapides et exacts.

Pour l'emploi sur un secteur à 110 volts 50 périodes, ce transformateur est bobiné avec 180 tours de fil de 24/10, deux couches de coton. Pour 220 volts 50 périodes, on mettra 360 tours de fil de 17/10; pour 110 volts 25 périodes, 356 tours de fil de 14/10. Le noyau est formé de tôles découpées en forme de H mesurant 12 cm. 5 $\times$ 15 cm. La largeur du noyau est de 9 centimètres. Les tôles sont assemblées avec des boulons de 6 millimètres isolés par des douilles en papier ou en ruban et des rondelles. Pour construire le noyau, on peut percer et boulonner ensemble des ébauches de tôles de 12 cm. 5 $\times$ 15 cm., et fraiser ensuite le noyau au format voulu en une seule opération. Après fraisage on enlèvera toutes les bavures avec une lime.

En exécutant le bobinage on interposera autour du noyau un manchon en fibre ou en bakélite, et chaque couche de l'enroulement sera enduite de bakélite et étuvée. Quand le bobinage sera terminé on l'attachera avec du ruban imprégné ou de la grosse ficelle de 3 millimètres. Un interrupteur à bouton poussoir, intercalé dans le cordon de connexion, facilitera le déplacement du transformateur lors de la vérification de gros moteurs.

Pour vérifier les petits induits à courant continu, de 5 à 10 centimètres de diamètre, on place le transformateur sur un établi et l'on dispose l'induit comme le représente à gauche la figure 6. On peut repérer les courts-circuits en présentant une lame d'acier, appelée toucheur, à la partie supérieure de l'induit. Si le toucheur vibre quand il rénit les bords d'une encoche, c'est qu'une des bobines situées dans cette encoche se trouve en court-circuit.

Pour repérer les connexions inversées et les ruptures aussi bien que les courts-circuits, on fait une vérification lame-à-lame en faisant tourner l'induit entre les pôles. Pour cet essai on emploie un téléphone ou une lampe témoin que l'on branche aux deux extrémités d'une fourche qui enjambe un segment en mica du collecteur. Cette fourche est toujours tenue sur deux ou trois lames au sommet du collecteur, en même temps qu'on fait tourner l'induit d'une lame à chaque fois. Tout changement dans le ton du télé-

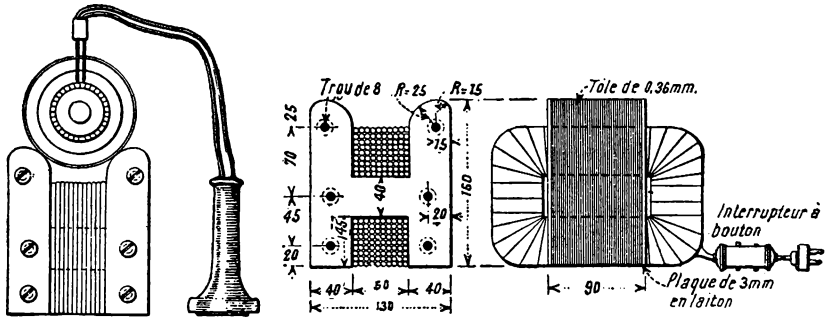


FIG. 6. — Construction et emploi d'un petit « grogneur » (transformateur d'essai), pour repérer les courts-circuits, inversions et ruptures dans les petits induits à courant continu.

phone ou dans l'éclat de la lampe indique qu'une bobine est défectueuse. Il est d'une bonne pratique de faire cet essai avant de souder les connexions au collecteur, quand l'induit vient d'être rebobiné.

Pour déterminer s'il y a un court-circuit dans une bobine ou entre les lames, on mettra la lame d'un canif à cheval sur les deux lames, puis on coupera le contact avec l'une des lames. Si à la rupture du contact on remarque une étincelle, c'est qu'il y a un court-circuit dans la bobine. S'il ne se produit pas d'étincelle, c'est que les lames sont en court-circuit. Cette méthode est plus rapide que l'essai lame-à-lame avec un millivoltmètre et, dans la plupart des cas, est aussi précise.

Une erreur dans le décalage des connexions au collecteur provoquera l'échauffement de l'induit et une rotation trop rapide. Une bobine inductrice shunt en court-circuit fera également tourner le moteur à une vitesse supérieure à la vitesse normale.

On peut câbler un tableau convenant pour un banc de réparation suivant la figure 7. Celui-ci peut être employé soit sur le courant continu, soit sur le courant alternatif. Ce tableau mesure 61 centimètres de long sur 36 centimètres de haut. La figure 7 A

représente seulement le câblage pour courant continu. Le câblage pour courant alternatif serait identique.

Sur ce tableau on connecte la ligne trifilaire, en continu 110-220 volts, à l'interrupteur trifilaire avec fusibles E, A, B et C sont les trois bornes auxquelles les cordons d'essai sont branchés, mais seulement deux de ces bornes doivent être employées simultanément, un cordon étant branché en permanence en C et l'autre en A ou en B pour 220 et 110 volts respectivement. Pour les essais à 110 volts avec lampes en série, l'interrupteur D est fermé à gauche et le courant peut être réglé par l'intermédiaire des quatre lampes.

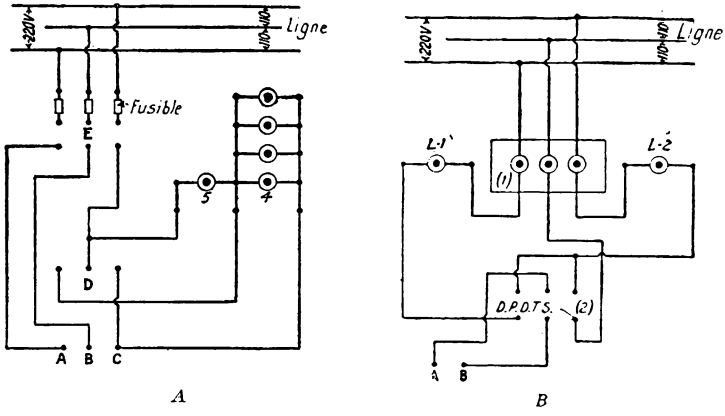


FIG. 7 A et B. — Montage d'un tableau d'essai d'atelier de réparation. Sur la figure 7 A, pour un essai en courant continu 110 volts, fixez les conducteurs d'essai en B C, fermez l'interrupteur E et passez l'inverseur D à gauche. Pour des essais courant continu 220 volts, fixez les conducteurs d'essai en A C, fermez l'interrupteur E et laissez D ouvert. Pour utiliser le 110 volts directement — pour essayer des moteurs, etc., sans avoir de lampes en série — fixez les conducteurs d'essai en B C, fermez l'interrupteur E et passez l'inverseur S à droite. Pour les essais à 220 volts, fixez les conducteurs d'essai en A C, fermez E et passez D à droite.

Sur la figure 7 B, pour les essais 110 volts, passez l'interrupteur (2) à droite, et fixez les conducteurs d'essai en A B. Pour les essais 220 volts, passez l'interrupteur (2) à gauche et fixez les conducteurs d'essai en A B.

Pour les essais à 220 volts (cordons en A et C), l'interrupteur D est laissé ouvert. Si D est fermé et s'il y a un fort appel de courant de la part de la machine essayée, la lampe (4) peut griller. Pour un branchement direct à la ligne, l'interrupteur D est toujours fermé à droite.

Un autre tableau convenable, montré par la figure 7 B, donne 110 ou 220 volts à travers une lampe servant de résistance. La ligne du secteur arrive au tableau par le bloc fusible (1), les fils extérieurs étant connectés chacun à une lampe et le neutre à l'interrupteur bipolaire (2). Sur les bornes A et B, on peut obtenir

110 ou 220 volts en manœuvrant l'interrupteur respectivement à droite et à gauche.

Vérification des coussinets et de l'arbre. — Les coussinets des petits moteurs doivent être remplacés quand ils présentent une usure supérieure à 2/10 de millimètre, ou quand il y a un mouvement notable de l'arbre si on le secoue avec les doigts dans ses coussinets. Hormis quelques cas particuliers, il faut éviter de faire un coussinet spécial pour un arbre diminué. Il est alors plus avantageux de mettre des coussinets neufs et un arbre neuf[1].

[1] Pour une documentation générale sur la vérification à l'essai de divers types de petits moteurs, se reporter à « Fractional Horsepower Electric Motors».

CHAPITRE II

RELEVÉ DES DONNÉES DU BOBINAGE ET DÉMONTAGE D'UN INDUIT A COURANT CONTINU

Avant de commencer le débobinage d'un petit induit à courant continu, il y a lieu de noter un certain nombre de points pour se procurer les données et renseignements nécessaires au rebobinage. Un réparateur expérimenté aura besoin de beaucoup moins de renseignements que celui qui, tout en connaissant les gros moteurs, ne serait pas familiarisé avec les petites machines. Il est même plutôt recommandé de relever des indications surabondantes sur le bobinage et l'induit à la réception, car ces indications peuvent aussi servir pour d'autres travaux, en particulier quand on reçoit des induits tout débobinés.

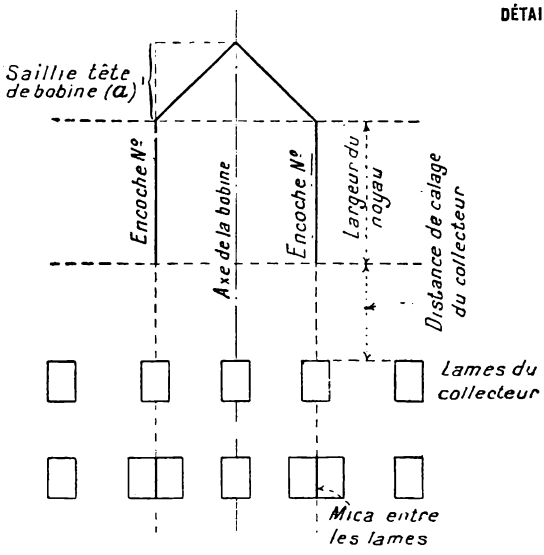
Données à relever sur le bobinage. — Il est bon d'adopter un cadre type de renseignements, sous forme de fiche pouvant être conservée dans un fichier qu'on peut se procurer dans une papeterie. Les formats de fiches de 8 × 13, 10 × 15 et 15 × 20 centimètres sont les plus commodes à employer. Sur ces fiches on imprimera, à l'aide d'un timbre en caoutchouc, les indications et le schéma de bobinage représentés figure 9.

Le chapitre IV indique un certain nombre de fiches, et donne des précisions sur les termes de bobinage, etc., généralement employés, qu'il est nécessaire d'étudier avant de procéder au débobinage des induits.

Dans l'emploi de ces fiches, il est toujours sage de figurer le schéma d'une ou plusieurs bobines montrant leurs connexions au collecteur, de façon qu'il ne puisse pas subsister de risque d'erreur quand on utilisera les renseignements portés aux emplacements prévus sur ces fiches. Le schéma simple représenté au bas de la figure 8 est largement employé. Les schémas des figures 9 à 19 indiquent la façon de s'en servir. Quand un schéma plus complet est nécessaire, dans le cas où une bobine est formée de deux ou

plusieurs sections élémentaires, on peut établir celui-ci comme le montre la figure 20.

Pour la plupart des petits induits, le schéma représenté au bas de la figure 8 sera le plus employé, et les paragraphes suivants comportent une référence particulière à celui-ci. On peut l'employer pour tous les types d'enroulements, ondulés ou imbriqués, avec une bobine par encoche ou davantage, l'enroulement ayant



DÉTAILS CONCERNANT LE REBOBINAGE DES INDUITS

Travail n°.... Client.....
C.V..... Volts.... Ampères....
t.p.m... Type.... Série n°....
Constructeur.....
Type de bobinage.....
Saillie des têtes de bobines (a)...
Nombre de spires par bobine ....
Pas.... N° des encoches.....
N° des lames du collecteur.....
Nombre de fils par lame .....
Diamètre du fil utilisé .....
Emplacement du fil inférieur en considérant la bobine située à la partie inférieure de l'encoche 1, ainsi que la lame auquel il est relié (voir schéma ci-contre).....
Distance du collecteur aux tôles d'induit.....
Marques gravées sur l'arbre ou sur les tôles d'induit.....
Frettes..... Poids des déchets de fils enlevés.....
Isolement des encoches.....
Remarques.....

FIG. 8. — Cette fiche devrait être remplie par le bobineur avant de débobiner l'induit, les barres et les encoches devraient être repérées de manière à concorder avec les détails notés sur cette fiche. Le schéma permet de relever la position du collecteur ainsi que le manière dont est effectuée la mise au collecteur après rebobinage.

une bobine inactive ou une lame semi-active, et avec n'importe quel calage de balais.

Quand on remplit la fiche de la figure 8, sur les lignes qui font suite au numéro de la commande et au nom du client il faut transcrire les renseignements se trouvant sur la plaque du moteur. Puis, indiquer le genre de bobinage, c'est-à-dire en boucle, ouvert ou fermé, etc.; la saillie tête de bobine comme il est indiqué en (*a*) sur le schéma de bobinage de la figure 8; le nombre de spires par bobine; le pas du bobinage; le nombre d'encoches; le nombre de lames du collecteur; le nombre de fils raccordés par lames; le diamètre du fil de bobinage; l'emplacement de la connexion de la section inférieure, en considérant l'encoche qui la contient comme étant l'encoche n° 1, puis le numéro de la lame à laquelle elle est connectée, comme il est indiqué sur le

schéma; la distance de calage du collecteur, comme le montre le schéma; tous repères sur le noyau de l'induit ou sur l'arbre; les détails sur les frettes; le poids du fil du vieux bobinage, ce qui indiquera la quantité approximative de fil nécessaire pour le nouveau bobinage; et le genre d'isolation, les différentes couches et leur épaisseur.

Dans cette fiche, le terme « le nombre de fils raccordés par lames » se rapporte au nombre de connexions reliées à chaque lame du collecteur et ne comprend pas les fils qui servent de remplissage ou fourrures. Ce renseignement servira à vérifier le nombre de fils en main quand on fera le bobinage. Ainsi, quand il y a deux fils par lame, les bobines sont enroulées avec un seul fil en main, si l'on a le même nombre de lames et d'encoches; mais si l'on a deux fois plus de lames que d'encoches, les bobines sont enroulées avec deux fils en main. Quand il y a quatre fils par lame, les bobines sont enroulées avec deux fils en main s'il y a le même nombre de lames et d'encoches; et avec quatre fils en main s'il y a deux fois plus de lames que d'encoches.

A la suite du mot « Frettes » sur la fiche de la figure 8, on écrira le nombre de frettes, le diamètre du fil, le genre du fil, et la largeur des frettes en nombre de tours. Cela est important car dans quelques induits les frettes de l'induit font saillie dans l'entrefer, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de rainures pour les frettes, et si l'on emploie du fil gros et des agrafes épaisses, l'entrefer se trouve diminué et dans quelques cas les frettes risquent de frotter contre les pièces polaires. Sous la rubrique « Remarques » sur la fiche, on inscrira toutes les caractéristiques spéciales du bobinage et les explications voulues sur les modifications qui seraient susceptibles de l'améliorer. On vérifiera avec un aimant que le fil de frette est amagnétique.

Le dos de la fiche représentée figure 8 peut être utilisé pour enregistrer le temps passé par le bobineur pour chaque opération, en vue de calculer le coût de la réparation. Ces indications peuvent alors être reportées sur les fiches décrites au chapitre premier. Les indications que le bobineur devra noter sur le temps nécessaire se rapporteront aux opérations suivantes, et ces dernières seront notées au dos de la fiche avec le temps passé pour chacune d'elles :

1° débobinage et nettoyage de l'induit;
2° vérification et réparation du collecteur;
3° façon des bobines;
4° découpage et constitution des isolants;

5° bobinage et connexion de l'induit;

6° frettage;

7° soudure des connexions au collecteur;

8° vernissage et étuvage de l'induit;

9° passage au tour du collecteur;

10° inspection finale et essai.

Comment repérer les encoches et les lames en accord avec les indications enregistrées. — Au moment de la transcription des indications et des données du bobinage sur la fiche de la figure 8, l'induit sera repéré de telle façon qu'après débobinage il soit facile à n'importe quel bobineur de suivre les indications enregistrées par un autre bobineur. Les instructions suivantes se rapportent à ces repérages :

1° Marquer les dents encadrant l'encoche qui contient la demi-bobine supérieure avec deux croix ($\times\times$), et avec une croix ($\times$) les dents encadrant l'encoche qui contient la demi-bobine inférieure;

2° Marquer chaque lame du collecteur contenant une connexion de la bobine qui se trouve dans les encoches repérées par les croix, d'un coup de pointeau, en son extrémité;

3° Aligner l'axe de l'encoche encadrée par les deux dents marquées $\times\times$ avec le collecteur. Si cet axe tombe sur un mica, marquer les lames encadrant le mica, avec trois coups de pointeau. Si cet axe tombe sur une lame, marquer cette lame avec trois points;

4° Repérer les lames qui sont dans l'axe de l'encoche encadrée par les dents marquées avec une $\times$ de la même façon, mais avec deux points;

5° Si l'on doit enlever le collecteur pour le réparer, ne pas le marquer;

6° Toujours remplir une fiche selon la figure 8 pour chaque commande, et marquer l'induit comme ci-dessus;

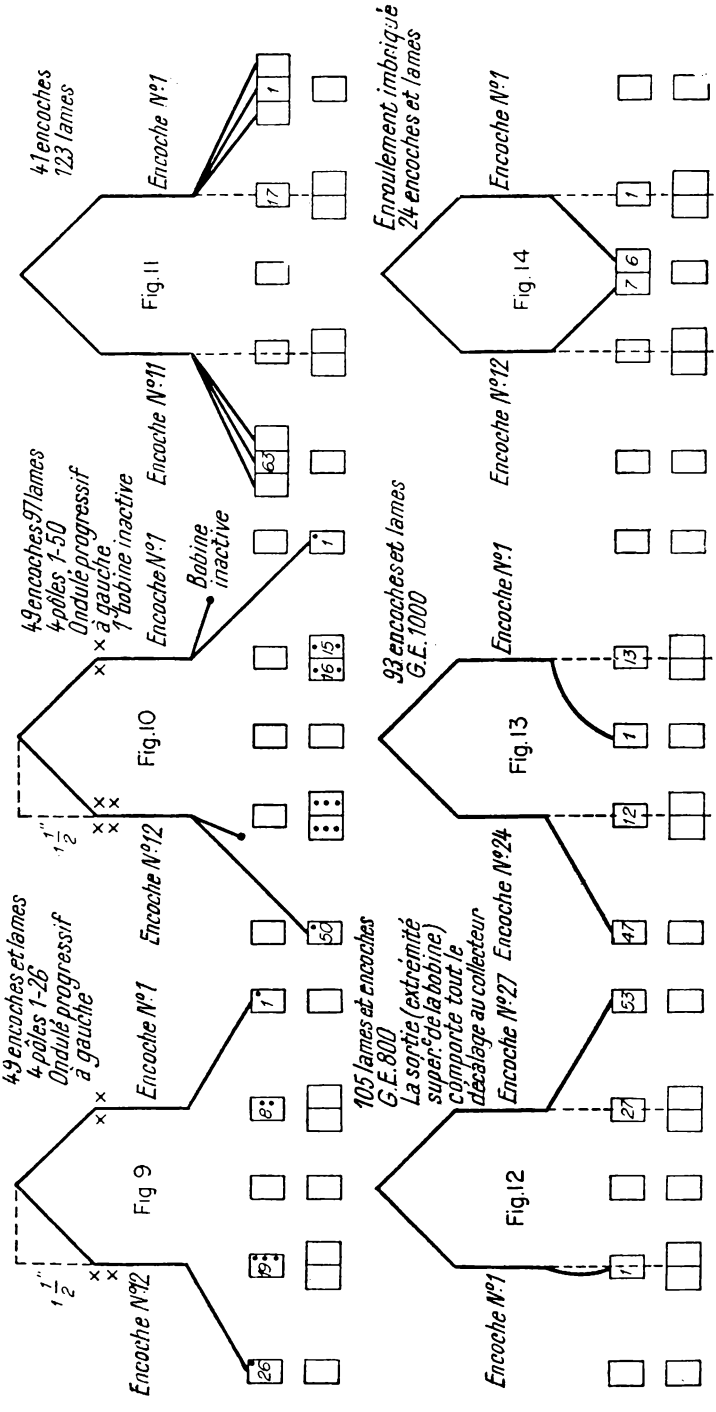
7° Si l'induit a une bobine ou une lame inactive, s'en servir pour faire le repérage, etc.

La raison pour laquelle on marque de deux croix les dents encadrant la demi-bobine supérieure et d'une seule celles encadrant la demi-bobine inférieure, comme dans les figures 9 et 10, est d'éliminer toute possibilité de faire un bobinage à droite au

lieu d'un bobinage à gauche ou inversement. Cela assure aussi le pas correct du bobinage.

Les repérages indiqués aux paragraphes 1 à 4 ci-dessus seront particulièrement utiles lorsqu'on fait une bobine d'essai et qu'on l'ajuste à l'induit afin de s'en servir comme modèle pour la confection des autres. Dans ce cas on n'a pas à perdre de temps à examiner la fiche du bobinage pour trouver le pas, puisque celui-ci se trouve marqué sur l'induit. Les repères montrent aussi dans quelles encoches il faut placer les demi-bobines supérieure et inférieure. Une autre économie de temps, contribuant à abaisser le coût du bobinage des petits induits, résulte du fait que le bobineur n'a pas à tracer l'enroulement. Cela aura déjà été fait pour lui, et il pourra commencer tout de suite l'opération de bobinage. Dans les filatures et les usines où l'on entretient un atelier de réparation le repérage des induits évite l'obligation de répéter les renseignements sur le bobinage du même moteur ou d'un moteur semblable quand il revient pour un deuxième rebobinage. Un tel induit peut alors être débobiné par un ouvrier moins expérimenté qu'un bobineur.

La raison pour laquelle on marque les lames se trouvant dans les axes des encoches qui contiennent la première bobine, comme le montrent les figures 9 et 10, est d'éliminer toute chance de connecter l'induit d'une façon erronée. Dans la plupart des induits tétrapolaires à bobinage ondulé, il y a deux connexions possibles, avec un décalage au collecteur long (progressif), ou raccourci (rétrograde). La figure 18 montre une erreur possible consistant à connecter l'enroulement quand on n'a repéré que les lames pour les connexions supérieures et inférieures. La bobine marquée A dans la figure 18 a un décalage au collecteur de 1 à 12, raccourci ou encore rétrograde, qui sera supposé correspondre à la connexion correcte de l'ancien bobinage. Si le bobineur ne marquait pas les encoches ni les lames se trouvant en face des encoches dans lesquelles la bobine A était placée dans l'ancien enroulement, au moment de connecter les nouvelles bobines il n'y aurait alors aucun moyen de dire quel était le décalage correct au collecteur. On pourrait alors réaliser soit la connexion de la bobine B (figure 18) avec un décalage au collecteur de 1 à 13, long ou encore progressif, soit la connexion de la bobine A avec un décalage au collecteur qui est de 1 à 12, raccourci ou encore rétrograde. La substitution de la connexion de la bobine B à celle de la bobine A aurait pour résultat d'inverser le sens de rotation dans un moteur ou la polarité des balais dans une génératrice. Cependant, cette erreur particulière ne peut se produire que dans une machine


4,9 encoches et lames
4 pôles 1-26
Ondulé progressif
à gauche
Encoche N°2
Fig. 9
Encoche N°1
Encoche N°12
1 1/2"
4,9 encoches 37 lames
4 pôles 1-50
Ondulé progressif
à gauche
1 bobine inactive
Fig. 10
Encoche N°1
Encoche N°11
Bobine inactive
41 encoches
123 lames
Fig. 11
Encoche N°1
105 lames et encoches
G.E. 800
La sortie (extrémité supérieure de la bobine) comporte tout le décalage au collecteur
Fig. 12
Encoche N°1
Encoche N°27
Encoche N°24
93 encoches et lames
G.E. 1000
Fig. 13
Encoche N°1
Encoche N°12
Enroulement imbriqué
24 encoches et lames
Fig. 14
Encoche N°1

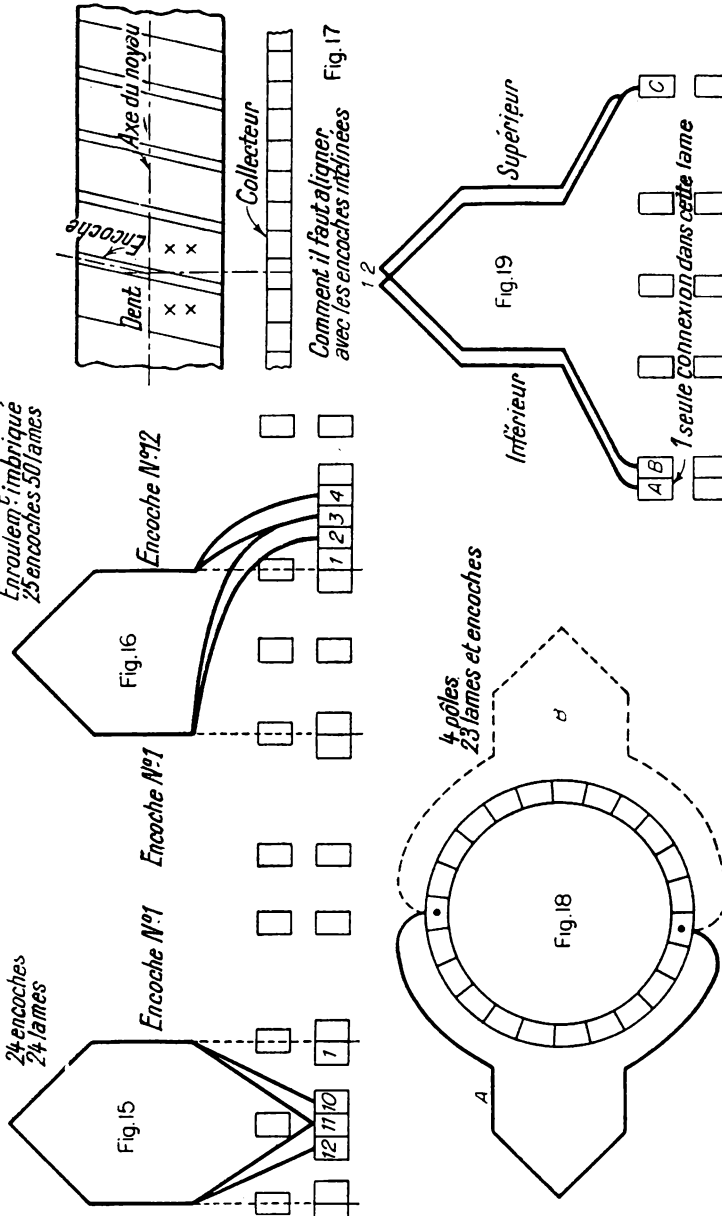


FIG. 9 à 19. — Onze exemples montrant comment on peut utiliser le schéma de bobinage de la figure 9, pour indiquer les connexions au collecteur et comment on doit marquer, avec un pointeau, les lames et les encoches.

tétrapolaire, car l'enroulement tétrapolaire est le seul qui se prête à ces deux genres de connexions.

Exemple de repérage des encoches et des lames, et de relevé des connexions. — La fiche d'enregistrement des renseignements sur le bobinage, représentée figure 8, est faite de façon à pouvoir employer un timbre en caoutchouc pour les inscriptions en haut, et un autre timbre en caoutchouc pour faire le schéma des côtés et d'une extrémité d'une bobine, et figurer les rectangles indiquant les lames du collecteur. Un tel timbre peut être employé pour tous types d'enroulements, ondulés et imbriqués avec une ou plusieurs bobines par encoche, ou enroulements ayant une bobine inactive ou une lame semi-inactive, ou une position quelconque des balais. La ligne pointillée reliant l'extrémité de la bobine à l'encoche sert à indiquer la distance jusqu'à laquelle se prolonge l'enroulement au delà du noyau. Les deux rangées de rectangles représentent les lames du collecteur. La rangée supérieure doit être utilisée quand l'axe des encoches tombe sur une lame, et la rangée inférieure quand cet axe tombe sur un mica. Quand c'est nécessaire, on peut ajouter des lames supplémentaires et relier par des lignes l'encoche aux lames pour figurer le nombre de bobines par encoche. Dans tous les cas, en numérotant les encoches et les lames on attribuera le n° 1 à la demi-bobine inférieure et à sa connexion.

Sur les figures 9 à 19, onze repérages et connexions différents sont représentés pour illustrer l'emploi de la fiche de la figure 8, et montrer l'aspect que le schéma des connexions doit présenter une fois complété. Le schéma de la figure 9 est relatif à un enroulement ondulé avec calage des balais suivant l'axe des pôles. Les lames marquées 1 à 26 comportent un point chacune, tandis que la lame 8 en a deux. De même, la lame 19, située dans l'alignement de l'encoche 12, aura trois points.

Le schéma de la figure 10 est relatif à un induit ayant 97 lames et montre comment on indiquera une bobine inactive. La figure 11 se rapporte à un induit ayant trois fois plus de lames que d'encoches. Quand le nombre de bobines par encoche sera pair (2, 4, 6, etc.), on emploiera l'extrémité de la bobine située à droite de l'encoche pour indiquer le décalage et les connexions au collecteur. Quand ce nombre sera impair, on emploiera celle de la bobine située au milieu, comme c'est le cas pour la figure 11, où les connexions au collecteur sont marquées aux lames 1 et 63.

La figure 12 est le schéma d'un bobinage avec tout le décalage dans la connexion supérieure et à droite. La figure 13 indique

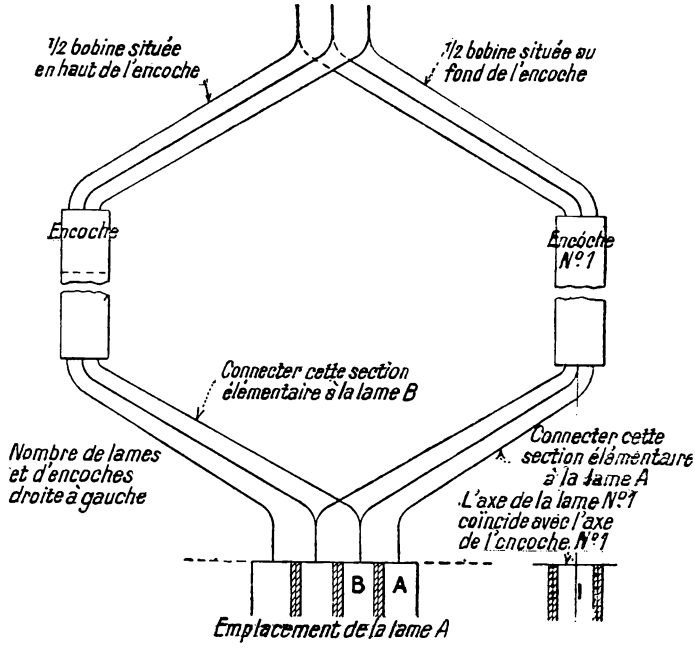


FIG. 20. — Schéma de bobinage montrant la position du collecteur et les connexions des entrées (commencements ou extrémités inférieures) de la première bobine à relier au collecteur, dans le cas où une bobine est composée de deux ou plusieurs sections élémentaires.

Pour déterminer la lame A employer la formule suivante :

$$\text{Lame A} = \frac{D \times (C - 1)}{2} + 1$$

où D = le nombre de sections élémentaires par bobine et C = le pas du bobinage en encoches.

Ex. : soit D = 3 et C = 11, on a :

$$A = \frac{3 \times (11 - 1)}{2} + 1 = 16.$$

Si on trouve pour A un nombre non entier, prendre seulement la partie entière de ce nombre et négliger la partie décimale.

Ex. : soit D = 3 et C = 10, on a :

$$A = \frac{3 + (10 - 1)}{2} + 1 = 14{,}5.$$

Dans ce cas on prendra : A = 14.

les données du bobinage pour un induit dont la connexion inférieure est ramenée dans l'axe de la bobine et la connexion supérieure décalée à gauche. Les figures 14 à 16 se rapportent à des induits imbriqués et montrent comment le schéma de la fiche de la figure 8 peut être utilisé pour des types de petit moteur bobinés à la main. Quand on relève les renseignements concernant des induits à encoches inclinés, il faut aligner avec une ficelle depuis le centre du noyau, comme l'indique la figure 17, et non pas depuis l'extrémité de l'encoche, côté collecteur.

La figure 19 représente un schéma indiquant les connexions d'un induit ayant une lame semi-active. Cet induit a 49 encoches

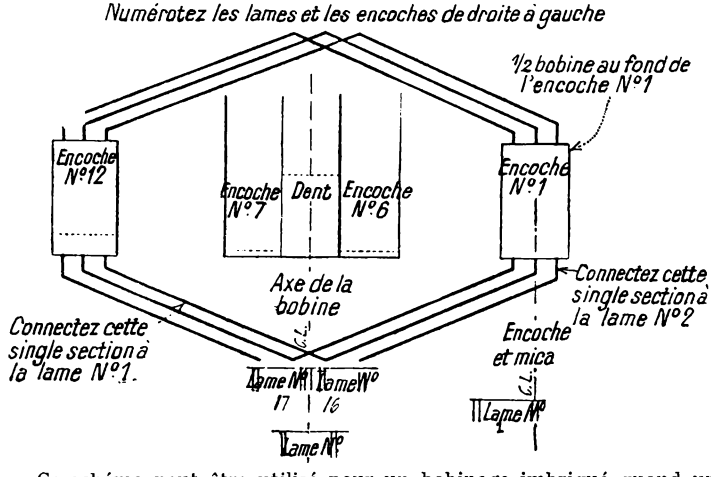


FIG. 21. — Ce schéma peut être utilisé pour un bobinage imbriqué quand une bobine est composée de trois sections, comme représenté ; on voit comment les conducteurs inférieurs de la première section sont reliés au collecteur et comment repérer la position du collecteur sur l'arbre. Pour trouver la lame A n° 16 du schéma, utilisez la formule donnée figure 20.

et 98 lames. Au lieu qu'il y ait une bobine inactive, les lames A et B ne font qu'une. Les extrémités supérieures des bobines 1 et 2 sont soudées ensemble et connectées à la lame C, puis l'extrémité inférieure de la bobine 1 est reliée à la lame A, suivant les données régulières de connexion. L'extrémité inférieure de la bobine 2 est reliée à la lame B. La rainure de l'ailette de la lame A sera garnie avec des fils de remplissage après qu'on y aura logé l'extrémité inférieure de la bobine 1. Cette connexion est la seule reliée à cette lame, ce qui fait l'équivalent d'un collecteur à 97 lames.

Relevé du pas de bobinage et du décalage au collecteur dans le cas ou une bobine est composée de deux ou plusieurs

sections élémentaires. — Dans le cas où un ancien bobinage est effectué avec des bobines formées, par exemple, de trois sections élémentaires, ou quand il y a une bobine inactive simple, il est parfois plus commode d'utiliser un schéma de bobines tel que celui de la figure 20 au lieu de celui de la figure 8. Dans ce qui suit, nous donnons des détails pour l'emploi d'un tel schéma, avec renvois aux diagrammes des figures 21 et 22.

Avant d'enlever toutes les connexions des ailettes du collecteur, on vérifiera une bobine pour repérer les encoches dans lesquelles se trouvent les côtés de cette bobine. Le côté de la bobine se trouvant au fond de l'encoche à droite recevra le n° 1. L'autre côté de la bobine complète (dans un bobinage à deux couches) se trouvera à la partie supérieure d'une encoche à une distance appelée « pas de bobinage ». On comptera ce pas en encoches. La figure 21 représente le schéma d'un bobinage imbriqué dans lequel une bobine complète est formée de trois sections élémentaires. Le côté inférieur de la bobine complète se trouve dans l'encoche n° 1, et le côté supérieur dans l'encoche n° 12, de sorte

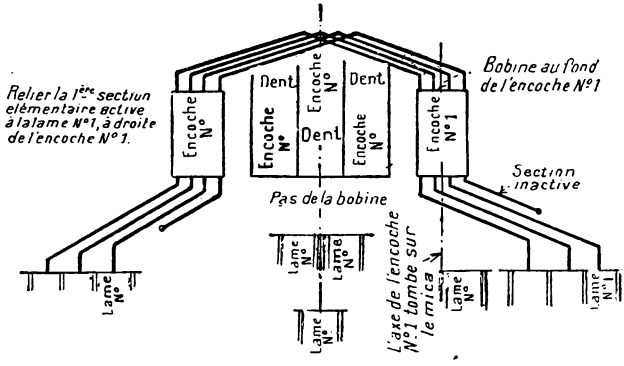


FIG. 22. — Schéma de bobinage pour un enroulement ondulé, lorsqu'une bobine est composée de deux ou plusieurs sections élémentaires.

Dans le cas de la figure ci-dessus il y a une section inactive ; mais ce schéma peut servir aussi bien dans le cas où il n'existe pas de section inactive.

que le « pas de bobinage » est : encoches, 1 et 12, ou 11 encoches. Ensuite on tracera l'axe de la bobine, et l'on indiquera s'il tombe dans une encoche ou sur une dent; on indiquera aussi sur le schéma si l'axe de la bobine tombe sur une lame du collecteur ou sur un mica entre les lames. Si le nombre total des lames du collecteur est un nombre pair, l'axe du noyau tombera sur une lame; si c'est un nombre impair, l'axe tombera sur un mica.

Dans le cas d'un enroulement imbriqué tel qu'il est représenté figure 21, la lame n° 1 du collecteur est supposée située directe-

ment sous l'encoche n° 1. Alors, on compte le nombre de lames entre la lame n° 1 et la lame à laquelle est connectée l'extrémité du côté de la bobine qui se trouve dans l'encoche n° 1. Ce nombre sera marqué sur le schéma. Dans la figure 21 c'est la lame n° 4.

Avec le schéma marqué de cette façon, les encoches et les lames peuvent être marquées au pointeau ainsi qu'il est expliqué page 16, et l'on peut ensuite débobiner l'induit et enlever le collecteur. Après rebobinage et remise en place du collecteur, on peut replacer ce dernier en l'alignant comme il l'était à l'origine, en se repérant grâce aux coups de pointeau et en vérifiant avec le schéma. D'après le schéma le bobineur peut aussi déterminer le type de bobine nécessaire, et peut aisément repérer la lame du collecteur à laquelle l'extrémité inférieure de la première bobine doit être connectée alors que les bobines sont placées dans les encoches. Ceci est important quand le bobineur qui a débobiné l'induit ne se trouve pas être celui qui le rebobine et refait les connexions.

La figure 22 représente l'emploi de ce schéma pour le relevé des renseignements concernant un enroulement ondulé.

Ce schéma particulier montre comment il peut être établi et utilisé pour un enroulement ondulé continu ou pour un enroulement ayant une bobine inactive. On emploiera le même procédé que dans le cas d'un enroulement imbriqué, sauf que, comme lame n° 1, on prendra celle à laquelle est connecté le côté inférieur de la bobine complète. Ensuite, on comptera à partir de la lame n° 1, en allant vers la gauche, jusqu'à l'axe de la bobine. On obtiendra ainsi le « pas de bobinage » que l'on marquera sur le schéma avec l'indication de la lame du collecteur, de façon à indiquer si l'axe de la bobine tombe sur un mica ou sur une lame. Si l'axe tombe sur un mica, on marquera le même numéro de lame sur les deux lames encadrant ce mica. Quand l'axe tombera sur une lame du collecteur, le nombre convenable de lames depuis le pas de bobinage sera marqué sur la lame, en comptant toujours vers la gauche à partir de la lame n° 1. Il faut aussi noter si l'axe de la bobine tombe sur une encoche ou sur une dent, et le nombre d'encoches doit être marqué de la même manière qu'on a compté les lames. Les lames et les encoches doivent être marquées au pointeau avant le débobinage, et la position du collecteur et des connexions pour le nouveau bobinage doit être vérifiée avec le schéma au moment où sont faites les connexions, pour éviter les erreurs possibles.

Indications pour le bobinage des induits des démarreurs et des génératrices d'automobiles. — Le schéma de bobinage et la fiche de renseignements représentés par la figure 23 sont employés par une grande compagnie qui rebobine environ 2.000 petits induits par mois, comprenant un grand nombre d'induits de même type. Ces schémas sont établis sur carton fort de 13 cm. × 20 cm., et recouverts de celluloïd pour les tenir propres. Une bordure de cuir léger est cousue tout autour des quatre côtés. On établit un de ces schémas pour chaque induit normal qui arrive pour être rebobiné, en indiquant le genre de bobinage, la dimension du fil utilisé, le nombre de spires par bobine, les connexions au collecteur, et toutes les dimensions d'encombrement. On indique aussi les diamètres de l'induit et de l'arbre et toutes autres dimensions de façon qu'une vérification puisse être

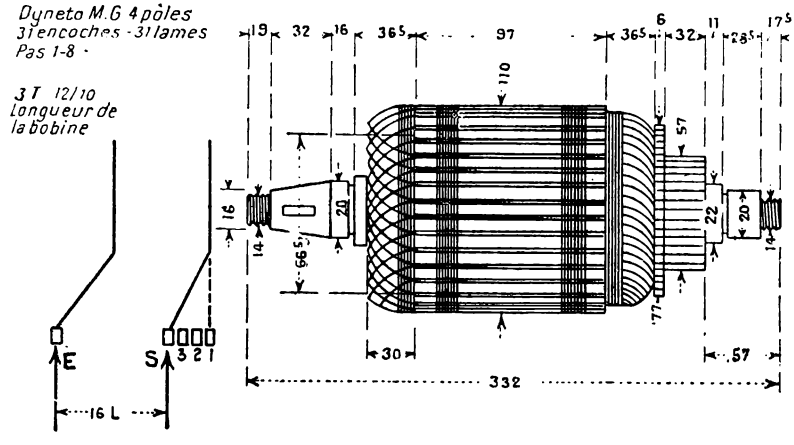


FIG. 23. — Schéma de bobinage avec indication des dimensions de l'induit.

faite pour s'assurer que tout est correct avant de retourner l'induit au client. Cela est nécessaire car beaucoups d'induits, venant de loin, arrivent seuls et ne peuvent pas être essayés dans leur stator; par suite, ils doivent avoir leurs dimensions bien exactes avant d'être réexpédiés.

Ces schémas sont classés, suivant le genre de bobinage dans un fichier en bois placé sur le bureau du contremaître. De nouveaux schémas doivent être établis quand de nouveaux moteurs arrivent à l'atelier sans avoir déjà fait l'objet de schémas; quand un induit arrive pour être rebobiné, on l'identifie d'après le genre de l'enroulement, et il faut vérifier s'il y a ou non une fiche de bobinage dans le fichier. S'il y en a une cette fiche de bobinage est donnée au bobineur avec l'induit. S'il n'y a pas de fiche de

bobinage dans le fichier, on en fait une immédiatement pour la donner au bobineur avec l'induit. Ce système, par conséquent, se complète automatiquement et répond à la majorité des besoins du bobineur avec une économie de temps et un contrôle du prix qui sont appréciables. En liaison avec ce système de fiche de bobinage, on préparera des paquets de fil, d'isolants et d'autres matières nécessaires pour un travail donné et on les tiendra tout prêts en magasin.

Indications concernant les sections. — Après avoir établi la fiche de bobinage (fig. 8) et avant de débobiner l'induit, on enlèvera une section complète, et on la déroulera en comptant le nombre de spires. On pourra faire cela en soulevant toutes les connexions jusqu'à ce que la tête de la section supérieure soit dégagée et en fendant ensuite l'isolant au sommet des encoches et en repérant la connexion supérieure. Alors on déroulera la section en comptant le nombre de spires.

Quand le bobinage n'est pas trop vieux ni trop fragile, un moyen plus rapide pour trouver le nombre de spires par sections est le suivant : on prendra une section supérieure, c'est-à-dire une section entièrement visible à l'arrière de l'induit d'encoche en encoche, et on la sectionnera à l'arrière. On s'assurera que l'on coupe ainsi une seule section complète, puis on comptera le nombre total de fils dans le paquet que l'on viendra de couper, et l'on divisera celui-ci par un nombre déterminé de la façon suivante : diviser le nombre total de lames par le nombre total d'encoches, puis multiplier par le nombre de fils en parallèle dans une section élémentaire. En divisant le nombre de fils coupés par le nombre ainsi trouvé, on obtiendra le nombre de spires par section. C'est une méthode plus rapide que celle qui consiste à dérouler une section, et une fois bien comprise, elle peut être appliquée à n'importe quel bobinage.

Pour déterminer le nombre de spires par section élémentaire, on comptera d'abord le nombre d'encoches et de lames. Le nombre de sections élémentaires par encoche sera égal au nombre total de lames divisé par le nombre total d'encoches. Puis, pour trouver le nombre de fils en parallèle dans une section élémentaire, on soulèvera tous les fils jusqu'à une lame du collecteur, et on les comptera. On ne comptera pas les fils employés comme fourrures ou remplissages. La moitié du nombre total de fils actifs par lame représentera le nombre de fils en parallèle par section élémentaire.

Ensuite, il faut noter aussi la dimension du fil et le genre d'iso-

lement, voir si le fil est émaillé, a une couche de coton, a deux couches de coton, etc. Quand on doit se procurer les sections ou les faire faire à l'extérieur de l'atelier de réparations, il faut mettre de côté une section complète et l'envoyer comme modèle avec les instructions voulues pour faire le nombre nécessaire de nouvelles sections.

Démontage de l'induit. — L'étape suivante consiste à dépouiller le noyau de l'ancien enroulement. Pour les petits moteurs, il y a plusieurs méthodes employées, certaines étant plus rapides que d'autres, ce qui les a fait adopter de préférence. On enlèvera d'abord les cales d'encoches avec une vieille lame de scie à métaux et un marteau. Les dents mordront dans la cale d'encoche et la chasseront à l'extérieur. Quand les cales sont en papier, on peut tirer le premier tour de fil (extrémités supérieures des bobines) avec une paire de pince, d'avant en arrière et fendre ainsi les cales en papier par leur milieu. Après avoir enlevé les cales, on coupera les sections du côté du collecteur avec une forte paire de cisaille, ou on les sciera avec une scie à métaux au ras des encoches du noyau de fer. Les parties des sections qui restent dans les encoches pourront alors être tirées avec une paire de pince par l'autre bout. Si elles sont collées et s'accrochent, on promènera une flamme autour du fer des encoches pour les faire relacher et rendre ainsi le tirage plus facile et plus rapide.

Dans un grand atelier spécialisé dans le rebobinage des petits moteurs, les sections sont enlevées de la même façon qu'elles sont placées, en utilisant un arbre spécial actionné mécaniquement et comportant à son extrémité une rainure pour arrêter le bout du fil.

Une autre méthode consiste à monter les induits sur un petit tour rapide et à couper les connexions jusque derrière le collecteur, en employant un outil tranchant avec une pointe en forme de V. Si l'enroulement a été imprégné, on fera deux autres coupes, une à chaque extrémité du noyau. Par cette opération, on enlèvera toutes les têtes des bobines et ne laissera ainsi subsister que les fils dans les encoches. Ces fils seront alors chassés avec un poinçon et un marteau ou au moyen de marteaux pneumatiques ou électriques.

Quand un induit a été isolé en le plongeant dans un corps composé (compound)[1], comme de la bakélite liquide, les têtes des bobines forment alors un bloc solide, et tout l'induit peut être

(1) Mélange d'asphalte et de goudron.

immergé dans une solution bouillante de soude caustique, en le laissant tremper jusqu'à ce que le vernis et le compound s'amollissent. Le collecteur, s'il peut être conservé, sera enlevé de l'induit avant que ce dernier ne soit plongé dans la solution. Les disques de garde en fibre seront détruits, mais ceux-ci peuvent facilement être remplacés. Les tôles ne seront pas endommagées si l'induit est mis à sécher ou est étuvé avant d'être rebobiné. L'induit sera débobiné pendant qu'il est chaud.

Après que l'induit a été débarrassé de ses bobines, la vieille isolation et l'ancienne peinture peuvent être enlevées au moyen d'une flamme. Les encoches seront alors soigneusement nettoyées avec une lime, et toutes les bavures seront enlevées des bords du noyau de fer. Finalement, on soufflera chaque encoche avec un jet d'air comprimé. Il peut être nécessaire, dans certains cas, de brosser les encoches avec une solution bouillante de soude caustique pour enlever l'isolant qui aura séché dessus. Avant de rebobiner l'induit on s'assurera qu'il a été soigneusement séché si l'on a employé une solution pour le nettoyer.

Des marteaux pneumatiques ou électriques et des ciseaux de forme spéciale peuvent aussi être employés avantageusement. De même, de larges roues coupantes tournant à grande vitesse et montées sur un chariot de tour peuvent être employées pour couper les fils à l'arrière du collecteur et de chaque côté du noyau.

Pour des renseignements complémentaires sur le bobinage on se reportera : à

Rewinding Data for Direct-current Armatures, Van Brunt, and Roe; *Connecting and Testing Direct-current Machines,* Annett and Roe; *Fractional Horsepower Electric Motors,* Veinott.

CHAPITRE III

ISOLATION, FIL ET ISOLEMENT DU NOYAU DE L'INDUIT

Au cours de ces dernières années de nouveaux progrès appréciables ont été faits dans l'industrie de la réparation des moteurs, et l'on a vu apparaître beaucoup de matériaux nouveaux. De même, on a vu augmenter l'emploi des moteurs électriques d'une puissance d'une fraction de cheval à la suite de la réalisation de plus grandes vitesses, d'allures plus élevées, de la marche à des températures plus élevées, et de la fabrication de moteurs plus petits. Aussi, le réparateur doit-il connaître les divers genres de matériaux isolants et de fils isolés intéressants, et savoir utiliser le mieux possible ces matériaux. Ce chapitre va donc décrire les principaux matériaux en usage actuellement ainsi que leurs méthodes d'application.

Classification des isolants — Actuellement, on peut diviser pratiquement les enroulements isolés en trois classes d'après les températures d'emploi. Une vitesse plus élevée avec une plus forte puissance peut être obtenue dans bien des cas en marchant à des températures plus élevées. Ces températures fixent directement les genres de matériaux et de vernis d'isolation qui peuvent être employés.

Isolation de la classe A. — Comprend tous les matériaux organiques, tels que papier, toile, soie et coton traités avec un vernis. Les enroulements ayant un isolant de la classe A ont leur emploi limité par une élévation de température de 40 à 55° C. au dessus d'une température ambiante de 40° C., ou à une température maximum de 105° C. aux altitudes ne dépassant pas 1.000 mètres.

Isolation de la classe B. — Comprend des matériaux inorganiques tels que mica, verre, amiante, et combinaison de matières organiques et inorganiques tels que papiers et mica, coton et amiante, etc. Les enroulements isolés avec des matériaux de la classe B ont leur emploi limité par une élévation de température

de 75° C. au dessus d'une température ambiante de 40° C., ou encore une température maximum de 130° C., soit 40 + 75 + 15° C. pour les points les plus chauds.

L'isolation à la silicone pour température élevée, ou HTS, employant la nouvelle silicone et l'amiante, permet l'emploi des bobinages à une température maximum de 175 à 180° C. avec une augmentation de température de 120° C. au dessus de la température ambiante, c'est-à-dire 40 + 120 + 15° C. pour les points les plus chauds, soit 175° C.

Il y a actuellement deux types de vernis isolants de la Dow Corning Corp., ayant les numéros 996 et 993. Le vernis n° 993 nécessite une température finale d'étuvage de 250° C. (482° F.), tandis que le n° 996 peut être étuvé à 150° C. (302° F.); pour que le vernis ne soit pas poisseux, la température doit être portée jusqu'à 200° C.

La division des isolants et des fils isolés entre ces trois classes de température donne aux réparateurs le moyen de distinguer les enroulements devant remplir les conditions voulues. Nous allons décrire les principaux matériaux utilisés pour bobiner les stators ou les rotors à courant continu ou courant alternatif dans chaque classe.

ENROULEMENTS ISOLES DE LA CLASSE A

Fil. — La tendance actuelle aboutit à la standardisation du fil émaillé dont l'émail est fait avec une résine synthétique du type acétate de polyvinyle, connue sous des noms commerciaux tels que Formex, Formvar, etc.

Ce fil peut être fourni en quatre types différents selon les couches de protection, tels que : SF, ou simple Formex; HF, ou fort Formex; TF, ou triple Formex; et QF, ou quadruple Formex. Ces fils comportent respectivement deux, trois et quatre couches d'émail.

Le simple Formex est employé principalement pour les bobines de petites magnétos, les bobines shunt, ou les petites bobines série, et peut être employé en général pour remplacer des fils recouverts d'isolants tels qu'une simple couche de coton ou une simple couche de soie. Le diamètre de la couche d'isolation du simple Formex est plus faible que celui de chacune des isolations en simple couche de coton ou simple couche de soie.

Les fils simple Formex peuvent être employés pour les enrou-

lements de démarrage des moteurs monophasés de faible puissance, quand l'espace des encoches est limité.

Le fort Formex, ou HF, a une protection constituée par une double couche d'émail. Ce genre de fil est employé dans la plupart des cas pour les enroulements des moteurs d'une fraction de cheval, pour remplacer les protections à simple couche de coton et d'émail, ou à simple couche de soie et d'émail, à double couche de soie, à simple couche de papier et d'émail, et à double couche de coton.

Le fait que le fil HF est plus petit que les autres fils isolés mentionnés ci-dessus, fait de lui un fil idéal pour le rebobinage des anciens types de moteurs, à courant continu ou alternatif, qui possèdent des couches d'isolant plus épaisses. Les dimensions plus faibles de la couche d'isolant du fil HF ont pour conséquence un meilleur facteur de remplissage, et donnent un enroulement qui peut être mis en place dans le moindre temps et avec le moindre mal.

Le fil HF présente une surface finie légèrement huileuse et, lors de l'opération du bobinage, les fils glisseront les uns sur les autres avec peu de tendance à se croiser et à se mettre en paquets. Ainsi les fils HF suppriment la nécessité de paraffiner les fils dans les sections de bobines placées dans les encoches, ce qui était d'une pratique courante avec les types de protection plus anciens pour faire glisser les fils lors de leur mise en place dans les ouvertures des encoches.

La figure 24 indique les économies de place possibles avec le fil HF. Ceci confirme la possibilité d'augmenter la puissance ainsi que cela ressort de la suite de ce chapitre. Le fil HF peut être fourni sous forme de conducteurs de section carrée ou plate pour de plus grands enroulements.

Le fil triple Formex, ou TF, comporte trois couches d'émail. Comme le montre la figure 24, ses dimensions extérieures, isolation comprise, sont plus faibles que celles du fil à simple couche de coton et émaillé, ou du fil à simple couche de papier et émaillé, et du fil à double couche de coton et double couche de soie.

La résistance mécanique et le pouvoir diélectrique plus élevés du fil TF font de ce dernier un fil de remplacement idéal pour les rebobinages de moteurs dont le fil primitif comporte une double couche de coton, ou une double couche de soie, ou encore si ce fil primitif est à simple couche de coton et émaillé, ou à simple couche de papier et émaillé.

Le fil quadruple Formex, ou QF, comporte quatre couches

d'émail. La figure 24 montre les diamètres extérieurs, isolation comprise, comme comparables à ceux des fils avec couche d'émail et de papier, ou à simple couche de coton et d'émail, ou à double couche de coton. Cependant, en raison des propriétés mécaniques et diélectriques plus élevées du fil QF, il peut être employé pour des enroulements à courant continu ou alternatif de faible voltage, de 0 à 550 volts, pour éviter des remplissages de séparation dans les encoches, et des isolements entre les bobines. Les bobinages en fil QF ont résisté jusqu'à 6.500 volts, 60 périodes, entre bobines ou phases.

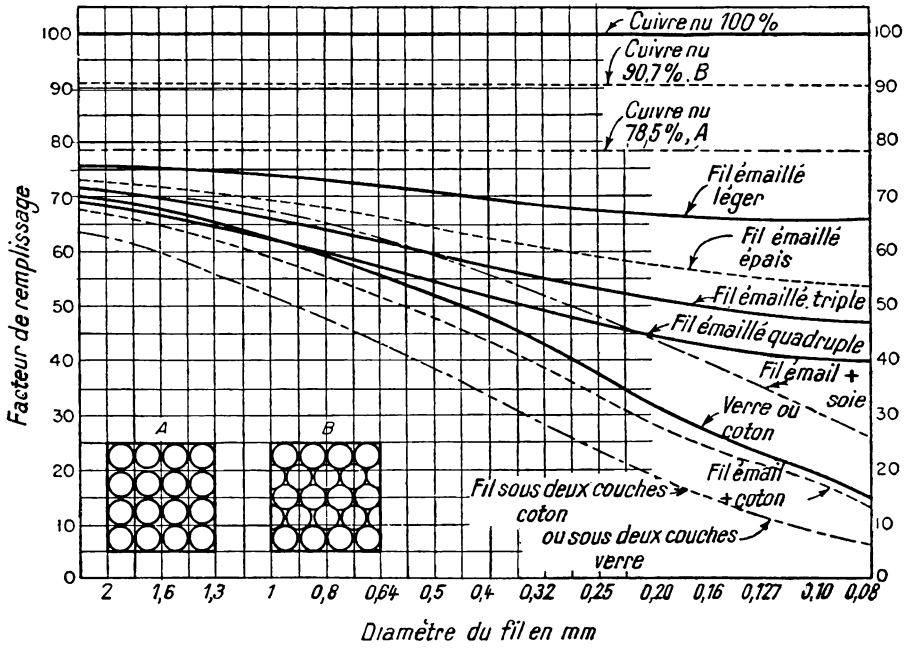


FIG. 24. — Facteurs de remplissage de différents conducteurs suivant leur position dans les encoches : A : en carré ; B : en quinconce.

Fil Formex coloré. — Ce fil peut être fourni en trois couleurs : naturel, vert et jaune. Ainsi, pour les bobinages à courant continu de faible voltage, l'emploi de fil coloré HF, TF et QF évitera des gaines en coton sur les connexions, et permettra également d'identifier convenablement une bobine élémentaire sans sonner les connexions.

Facteur de remplissage. — Les courbes de la figure 24 seront utiles pour se rendre compte des effets d'une substitution de fil dans un bobinage donné. Chaque courbe représente un des

principaux types de fils isolés et le pourcentage de la section de cuivre par rapport à une section pleine en cuivre indiquée sur la courbe supérieure. La figure 24 A indique l'enroulement disposé en carré, tandis que la figure 24 B indique l'enroulement disposé en quinconce, que l'on trouve dans beaucoup de bobinages. Toutes les courbes de la figure 24 se rapportent au type de fil de la figure 24 A, remplissage carré ou à 78 1/2 % de fils de cuivre au maximum.

Dans la figure 24, si nous suivons l'ordonnée pour le fil n° 13 (9/10 mm.) à partir de la ligne origine O, nous trouvons que pour le fil à double couche de coton le facteur de remplissage est de 50 %, tandis que pour le fil HF il serait d'environ 68 %, et pour le fil QF d'environ 62 %. Donc un remplacement de fil à double couche de coton par du fil HF permettra de porter la section de cuivre de 50 à 68 %.

FILS ISOLÉS DE LA CLASSE B

Il y a cinq types généraux de fils isolés de la classe B.

Le fil à simple couche de fibre de verre est employé dans les mêmes conditions que le fil à simple couche de coton.

Le fil émaillé à simple couche de fibre de verre comporte une sous-couche d'émail simple améliorant sa résistance mécanique. Quand les enroulements auront à supporter les températures maxima de la classe B, la sous-couche d'émail ne sera pas stable, et certains points endommagés des enroulements, séparés seulement par la couche d'émail pourront alors, avec le temps, produire des courts-circuits.

Le fil à double couche de fibre de verre est comparable au fil à double couche de coton au point de vue de la dimension, isolation comprise. Les meilleures qualités de ce fil ont une meilleure résistance mécanique au choc et à l'usure par frottement, car tout fil à double couche de fibre de verre comporte au moins trois couches de vernis appliquées au cours de sa fabrication.

La majorité des enroulements de la classe B, à courant alternatif et à courant continu, sont maintenant réalisés avec du fil isolé à double couche de fibre de verre, supérieur au point de vue de la résistance mécanique et des propriétés diélectriques au fil isolé à l'amiante précédemment employé.

Fil émaillé à double couche de fibre de verre. — Le fil à double

couche de fibre de verre peut aussi comporter un émail soit simple Formex soit double Formex sous la couche de fibre de verre.

Le fil isolé à l'amiante a une dimension voisine de celle du fil à double couche de fibre de verre. Dans les plus petites dimensions, en dessous du n° 20, le fil à double couche de fibre de verre est de dimension plus petite.

FIL ISOLÉ A LA FIBRE DE VERRE TRAITÉ A LA SILICONE

Pour les températures plus hautes que celles pour lesquelles sont prévus les fils isolés courants de la classe B, on peut maintenant utiliser les fils isolés avec une simple couche ou une double couche de fibre de verre, traités avec un vernis à la silicone.

Les fils isolés en fibre de verre traités au vernis de silicone conserveront leurs propriétés mécaniques et diélectriques à des températures plus élevées que ne le font les enroulements de la classe B. Ainsi, quand on se trouvera dans des conditions extrêmes, les fils traités à la silicone pourront être employés. A la fin de ce chapitre nous donnerons les résultats d'un essai de destruction sur un petit stator bobiné avec du fil traité à la silicone.

Depuis la première édition de ce livre, on a assisté au développement de l'emploi d'un fil émaillé à la silicone, qui ressemble au fil HF au point de vue du facteur de remplissage et de la résistance mécanique. Ce fil trouvera un débouché considérable en permettant d'augmenter la puissance des moteurs rebobinés.

AMÉLIORATION DE LA PUISSANCE

Dans bien des cas on demande au réparateur de rebobiner un moteur, à courant continu ou alternatif, soit de façon à obtenir une puissance accrue avec la même élévation de température ou à des températures plus élevées, soit de façon que le moteur soit équipé avec un enroulement pouvant supporter, durant de courtes périodes, des températures plus élevées, mais d'une valeur telle que les matériaux de la classe A seraient défaillants au bout d'un temps trop court.

En règle générale, nous pouvons dire que, pour chaque augmentation de 1 % de la section de cuivre, la puissance peut être augmentée d'un demi pour cent. Par exemple, une augmentation de

14 % de la section de cuivre permettra une augmentation de puissance de 7 % sans changer la classe de l'isolation.

Une autre règle générale est la suivante : le passage de l'isolation de la classe A à la classe B permet une augmentation de puissance de 7 1/2 %.

Ainsi, en changeant un enroulement pour qu'il fonctionne non plus à 105° C. (classe A) mais à 135° C (classe B), c'est-à-dire à une température plus élevée de 30°, nous pouvons nous attendre à une augmentation de la puissance de 7 1/2 %.

Par ailleurs, le passage d'un enroulement de la classe B à un enroulement haute température-silicone (HTS), ou traité à la silicone, entraînant un passage de 135 à 175° C., soit une température plus élevée de 40° qu'avec la classe B, produirait une autre augmentation de 10 % de la puissance.

Par suite, si nous pouvons augmenter la section de cuivre de 14 % et faire passer l'isolation à la classe B, nous pouvons nous attendre à 7 + 7 1/2, soit 14 1/2 % d'augmentation de puissance. En utilisant des matériaux à la silicone, nous pourrons nous attendre à des puissances plus élevées de 7 + 7 1/2 + 10, soit 24 1/2 %.

Moyennant une étude soigneuse de tous les facteurs et un passage de l'isolation de la classe A aux matériaux HTS (silicone), on peut obtenir des augmentations de puissance allant jusqu'à 50 %. Par exemple, un moteur de 50 CV a vu sa puissance portée à 75 CV par le passage de l'isolation de la classe A à une isolation HTS, et un moteur de 35 CV a vu sa puissance portée à 50 CV, ce qui fait approximativement une augmentation de 43 %.

Augmentation de puissance par changement de fil. — Dans les tables des dimensions de fil nous pouvons trouver la dimension primitive du fil isolé, et vérifier alors la possibilité d'employer un fil de dimension plus grande. Par exemple, supposons un enroulement fait avec un fil n° 15 à double couche de coton, ayant un diamètre, isolation comprise, de 1,68 mm. Nous trouvons alors qu'un fil HF n° 14 a le même diamètre, isolation comprise, de 1,68 mm. Nous trouvons que le n° 15 a une section de 1,658 millimètres carrés, et le n° 14 une section de 2,1 millimètres carrés, d'où 2,1/1,658 égale 1,26, soit une augmentation de 26 % de la section de cuivre. Ce qui, en retour, permettra une augmentation de 13 % de la puissance.

Dans le même cas, si nous avions remplacé le fil n° 15 à double couche de coton par un fil n° 15 à double couche de fibre de verre, et donné à l'enroulement une isolation de la classe B, nous

aurions obtenu une augmentation de puissance de seulement 7 1/2 %.

Ainsi, quand on cherche à augmenter la puissance d'un enroulement, il faut en premier lieu essayer de trouver un fil qui permette d'augmenter la section de cuivre.

Enroulement pour températures élevées — Quand un enroulement doit être remplacé de façon à supporter des températures élevées de marche, le procédé le plus économique consiste à avoir recours entièrement aux matériaux HTS (silicone).

ISOLATION DES INDUITS ET DES ENROULEMENTS

Comme pour les fils isolés, nous pouvons à ce sujet adopter une division en trois classes : 1° matériaux isolants de la classe A; 2° matériaux isolants de la classe B; et 3° matériaux isolants haute température-silicone. Dans chaque classe le réparateur fera une standardisation en s'en tenant à aussi peu de catégories et de dimensions que possible. Il restera en contact avec les publications professionnelles courantes et avec les fournisseurs pour être informé sur les plus récents matériaux. Comme dans ce dernier chapitre, nous nous occuperons seulement des matériaux qui sont le plus usités actuellement, sous chacun des trois titres tels que « Isolations de la classe A ». Dans les trois classes d'isolations les matériaux correspondants peuvent être rattachés aux subdivisions suivantes : *a*) isolation des tôles; *b*) isolation des encoches; *c*) isolation des têtes de bobines; *d*) matériaux de frettage; et *e*) matériaux de connexion.

ESSAI DANS LES CONDITIONS LIMITES D'UN ENROULEMENT A LA SILICONE

On a vérifié le bon comportement d'un stator traité à la silicone, ayant les spécifications suivantes : alésage de 44 millimètres, longueur de noyau de 69 millimètres, 24 bobines et encoches, bipolaire, 120 périodes, 46 volts, triphasé, pas de 1 à 9, enroulement connecté en série-étoile, bobiné avec du fil à double couche de fibre de verre traité à la silicone, éléments de bobinage en Silastic et tissu de fibre de verre épais de 0,37 mm, tiges de verre de 2,9 mm de diamètre pour les cales, câbles de connexion isolés au Silastic, enroulements réunis dans une gaine de fibre de verre de 1,6 mm, et plongés puis séchés au four à deux reprises dans un vernis de silicone n° 996.

Après un essai de deux heures, ventilation fermée, avec rotor bloqué, le rotor devint rouge cerise, les tôles du stator atteignirent 388° C. et l'enroulement du stator 310° C. Après cet essai le moteur fut refroidi, puis, branché sur le réseau, il tourna sans peine durant quinze minutes, bien que tout le vernis ait été grillé sur les fils et les têtes des enroulements.

Un enroulement isolé similaire de la classe A dura dix minutes lors d'un essai semblable de marche, tandis que l'enroulement isolé de la classe B avec éléments de mica, etc., était hors d'usage au bout de moins de la moitié du temps de l'essai de marche avec l'enroulement isolé à la silicone.

ISOLATION DU NOYAU DE L'INDUIT

L'isolation du noyau d'un petit induit, avant rebobinage, est une des phases les plus importantes de l'opération du rebobinage. Il faut porter une attention particulière au dressage des tôles du noyau, au choix du matériau isolant convenable, et à la méthode de mise en œuvre de ce matériau. Quand on apporte un peu de soin à ces trois points, un second travail de rebobinage peut souvent être évité.

Nettoyage des encoches et dressage des tôles. — Après le débobinage de l'induit, les encoches, les faces latérales du noyau et l'arbre doivent être soigneusement nettoyés de tout vieil isolant et vernis.

Pour gratter les encoches on confectionnera un outil spécial en partant d'une barre de 25 × 1,6 mm, d'une longueur convenable, qu'on amincira en une longue pointe comme un ciseau. Un tel outil donnera ainsi de bons résultats sans l'emploi d'aucun produit chimique. Après avoir gratté le vieil isolant, passer les encoches à la lime, pour finir d'enlever les particules d'isolants et pour adoucir toute rugosité. Limer aussi les bords des encoches pour en enlever le tranchant et les bavures qui abîmeraient l'isolant du nouveau bobinage. Finalement, le noyau tout entier doit être nettoyé soigneusement en le soufflant avec de l'air comprimé ou avec un jet de sable.

Les encoches doivent être soigneusement examinées pour déceler les irrégularités dues aux dents des tôles courbées, cassées ou brûlées. Ces défauts peuvent être habituellement corrigés en se servant d'un poinçon en acier et d'un marteau. Ensuite on lime les endroits rugueux. Quand les tôles ont fléchi ou se sont

séparées de manière qu'elles ne peuvent se planer avec un maillet, le noyau doit être placé dans une presse à main et pressé.

On devra aussi dresser les rainures des cales et des fils de frette de manière que les cales puissent s'enfoncer correctement et qu'il n'y ait pas de difficulté pour loger le nombre de tours voulus pour les frettes. Il est important de ne pas approfondir, en limant, les rainures des frettes.

Montage des noyaux neufs. — Beaucoup de petits induits ont des encoches inclinées. L'encoche est inclinée de la largeur d'une dent afin de réduire le ronflement magnétique. Avec cette construction les conducteurs de l'induit n'entrent pas dans le champ magnétique soudainement, mais un bout de l'encoche s'enfonce dans le champ et le voltage dans la bobine s'accroît graduellement au lieu de se produire d'un seul coup.

Pour monter les noyaux on procède comme il suit : on fixe sur l'arbre, tourné à la dimension convenable, un tube de fibre d'une longueur de 25 millimètres environ, au moyen d'une clavette. Ce tube sert d'arrêt aux tôles et isole en même temps les têtes de bobines de l'arbre.

Pour obtenir une inclinaison uniforme des encoches tandis que l'on enfile les tôles sur l'arbre, un appareil spécial est nécessaire. Ce dernier comporte un bloc concave fixé avec une clavette, qui aligne les tôles au fur et à mesure qu'elles sont enfilées sur l'arbre et donne l'inclinaison appropriée aux encoches. Le noyau une fois monté, on force les tôles à demeurer en étroit contact en frappant deux forts coups sur un petit tube passé autour de l'arbre.

Avant la première et après la dernière tôle on place un disque de fibre ou de presspahn découpé au gabarit des tôles. On protège ainsi l'enroulement sur les faces latérales du noyau. Quand les tôles ont été montées à la hauteur voulue, de façon à donner aux encoches la longueur convenable, on passe autour de l'arbre un second tube de fibre de même longueur que le premier. Puis on presse le sommet de ce tube au moyen de l'écrou situé au sommet de la pièce en forme de U renversé, jusqu'à ce que les tôles soient fortement serrées les unes contre les autres. Finalement on lime les encoches pour les rendre bien lisses, et le noyau se trouve alors prêt à être bobiné.

Isolation des faces latérales des vieux noyaux. — La phase suivante consiste dans l'isolation des faces latérales, ou têtes, du vieux noyau. Cette isolation se réalise sous forme de

rondelles enfilées sur l'arbre et fixées contre les tôles aux extrémités du noyau. La dimension de ces rondelles devra être telle qu'elles puissent venir appuyer contre le dessous de l'isolant des encoches. Cela soulagera alors considérablement les coins et les extrémités de cet isolant, et empêchera les fils de causer des déchirures entraînant une mise à la masse. En effet, quand les premières couches d'une section, enroulées dans les encoches à la main, sont trop serrées, ou si la bobine terminée est tassée trop fortement avec un maillet à l'extrémité des encoches, des contacts avec la masse sont provoqués en ces points par les fils qui coupent l'isolant de l'encoche, si celui-ci n'est pas convenablement supporté par une rondelle d'extrémité étroitement ajustée. Les rondelles d'extrémité seront faites en matériaux des classes A, B ou H et auront environ 1,6 mm d'épaisseur.

Isolation de l'arbre. — Pour l'isolation de l'arbre en classe A on devra employer un matériau qui permette aux fils reposant sur lui de glisser facilement, comme le fish papier ou la toile huilée (d'environ 0,25 mm d'épaisseur). On mettra environ quatre couches de cet isolant, et l'on fera adhérer ensemble ces dernières avec de la gomme laque. La méthode habituelle d'isolation des arbres consiste à y mettre des couches de ruban de toile huilée, avec recouvrement par moitié, et par dessus une couche de ruban de coton imprégné. Quand on emploie le ruban imprégné, il faut bien le paraffiner après l'avoir enroulé, pour permettre aux fils de glisser dessus pendant le bobinage.

Il faut isoler l'arbre de cette façon aux deux extrémités du noyau. Le bobinage une fois terminé et le collecteur calé, on remplira le creux entre l'enroulement et le collecteur avec des couches de ruban de coton imprégné, jusqu'au niveau du fond des lames du collecteur. Cela servira de lit aux connexions du collecteur, quand on les frettera avec de la ficelle, et les empêchera de se rompre par vibration à l'endroit de la soudure.

Isolation des encoches classe A. — Pour isoler les encoches on peut employer un genre de papier tenace et fibreux appelé communément fish papier ou leatheroïd. Néanmoins, il existe un meilleur isolant, connu sous le nom d'isolant combiné et qui est formé par une pièce de fish papier de 0,10 mm, 0,18 mm, 0,25 mm ou 0,38 mm, comme base et une couche de 0,20 mm ou 0,22 mm de toile traitée au tan et collée au fish papier avec de la gomme laque. Ceci forme un isolant d'encoche flexible et tenace, avec un bon pouvoir mécanique et diélectrique. Les épaisseurs totales

sont d'environ 0,30 mm, 0,38 mm, 0,50 mm, 0,58 mm. On emploie les épaisseurs de 0,30 mm et 0,38 mm pour les petits induits à 110 et 220 volts, et celle de 0,58 mm pour les induits bobinés avec du gros fil.

Lorsqu'on emploie ce matériau on doit placer le fish papier contre le fer de l'encoche de manière à tirer tout l'avantage de son bon pouvoir mécanique et utiliser tout le pouvoir diélectrique de la toile immédiatement après les fils du bobinage. L'intérieur des encoches n'est jamais parfaitement lisse et une tôle peut dépasser l'autre d'une très petite quantité. Quand la toile est placée contre le fer de l'encoche, et que l'on tasse les fils pour enfoncer les cales, la pression exercée par les fils forcera la toile contre la rugosité des tôles. Dans certains cas cette pression sera suffisante pour déchirer la toile et diminuer ainsi son pouvoir diélectrique. Le fish papier, mécaniquement plus fort, résistera à l'action cisaillante des tôles et protégera la toile de façon que tout son pouvoir diélectrique s'ajoutera à celui du fish papier.

Pour les induits à 110 volts avec encoches rondes d'un diamètre non supérieur de 9,5 mm et bobinés avec du fil de 0,32 mm au plus, un isolant d'encoche de 0,18 mm ou 0,25 mm est amplement suffisant. Pour les induits à 220 volts employer une épaisseur de 0,25 mm ou même plus. Pour les encoches d'un diamètre supérieur à 9,5 mm et fils de 1 millimètre ou plus, employer un isolant d'au moins 0,40 mm et si possible de 0,58 mm. Pour augmenter l'épaisseur de l'isolant il vaut mieux employer un papier plus épais plutôt que deux couches. Le papier fin se déchire plus facilement, surtout dans les grandes encoches.

Isolation des encoches avec une bande continue. — Si les rondelles des têtes, ou faces latérales, n'ont pas disparu des extrémités de l'induit ou n'ont pas été endommagées, la méthode d'isolation des encoches de l'induit avec une bande continue peut être appliquée, comme le représentent les figures 25 et 26. Cependant, si ces rondelles ont disparu ou bien ont été endommagées, on devra prendre certaines précautions qui seront expliquées plus loin. Dans la méthode de la bande continue, pour isoler les encoches on emploie une longue bande d'isolant qui entoure tout l'induit et rentre dans chaque encoche. Après l'enroulement du fil dans les encoches, on coupe cet isolant entre les encoches et l'on replie ses bords, par dessus la bobine, dans les côtés opposés de l'encoche pour maintenir la bobine en place. Dans ce cas, si l'induit doit être plongé dans un vernis, on peut supprimer les cales d'encoches. Mais si les encoches sont pleines, ou si l'induit

tourne à plus de 900 tours par minute, on devra employer des cales en fibre, en bois, etc.

On trouve une description de cette méthode d'isolation des encoches dans un livre d'instructions de P. E. Chapman, *Electrical Works* (Saint-Louis, Mo). Les auteurs de ce livre recommandent de découper l'isolant dans du fish papier dans le sens longitudinal du grain. La bande d'isolation aura une largeur supérieure de 6 millimètres à la longueur de l'encoche, y compris les rondelles d'extrémité en fibre, de manière à dépasser ces rondelles de 3 millimètres à chaque extrémité de l'induit. Elle sera suffisamment longue pour passer autour de l'induit tout entier et rentrer

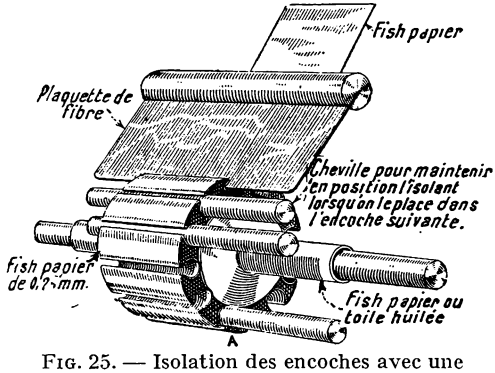


FIG. 25. — Isolation des encoches avec une bande continue de fish papier de 0 mm 25.

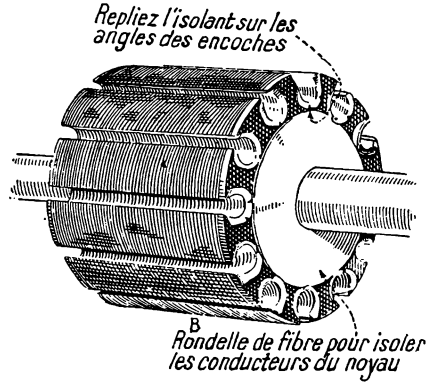


FIG. 26. — Une fois que le ruban isolant a été disposé dans toutes les encoches, l'isolant est replié sur les bords des encoches. On voit sur l'induit la rondelle de fibre en place.

Repliez l'isolant sur les angles des encoches.

Rondelle de fibre pour isoler les conducteurs du noyau.

en boucle dans chaque encoche. En commençant on fait rentrer une boucle de fish papier à l'intérieur de la première encoche, en laissant dépasser le bout de la bande de 15 millimètres hors de l'encoche. Afin de tenir l'isolant bien appliqué sur toute la surface intérieure de la première encoche, pendant qu'on introduit dans l'encoche suivante, on glisse dans la première encoche une cheville dont la section épouse bien la forme de l'encoche. Quand la cheville est en place, on tend le papier et, à l'aide de la plaquette de guidage, on le relève aux coins, aux endroits où il sort, des deux côtés de l'encoche, pour le casser légèrement le long des bords de l'encoche.

On laisse un peu de mou par dessus la dent entre la première

et la deuxième encoche. Ensuite on fait rentrer la bande dans la deuxième encoche en pressant avec la plaquette dont on a arrondi les arêtes pour éviter d'abîmer l'isolant. Avant d'enfoncer ce dernier au fond de l'encoche, on tient l'extrémité de la bande contre le dos de l'outil, et l'on presse vers l'arrière en faisant un angle vers l'encoche qui vient juste d'être isolée, de façon à plier l'isolant au bord de la seconde encoche. Après avoir fait ce pli, on relâche l'extrémité de l'isolant, et l'on fait épouser à l'isolant l'intérieur de l'encoche. On déplace alors l'outil de guidage, et l'on insère la seconde cheville dans cette encoche. Avant de plier l'isolant par dessus l'autre bord de l'encoche, on fait rouler la cheville entre les doigts, tout en tirant l'extrémité du papier de façon à supprimer le mou de ce dernier par-dessus la dent précédente. Après isolation de la deuxième encoche on peut enlever la première cheville afin de l'utiliser pour la troisième encoche. Ainsi, deux chevilles seulement sont nécessaires, mais, néanmoins, on en emploie souvent trois.

Quand on emploie cette sorte d'isolant en fish papier en suivant ces directives, il n'est pas nécessaire de le coller dans les encoches comme dans le cas de la toile huilée. Cependant, il est préférable de coller ensemble les deux bouts avec de la gomme laque épaisse ou avec quelque compound adhésif.

Tandis qu'électriquement une épaisseur de 0,12 à 0,18 mm constitue un isolement suffisant pour les encoches, pour des raisons mécaniques, il n'est pas prudent d'employer des épaisseurs inférieures à 0,20 ou 0,25 mm, afin de se prémunir contre les masses au noyau. Dans quelques ateliers de réparation on emploie une couche de toile huilée de 0,22 mm et une couche de fish papier de 0,10 mm. On place les deux couches dans l'encoche en même temps, le fish papier à l'intérieur contre la bobine et la toile huilée à l'extérieur contre le fer. La raison en est que le fil glisse plus facilement sur le fish papier que sur la toile huilée collante. Mais là où on désire un pouvoir électrique maximum, le fish papier doit être placé contre le fer. Si l'on désire employer un isolement additionnel entre les bobines d'une même encoche, on peut placer par dessus chaque bobine une bande de fish papier, etc., de 0,25 à 0,60 mm coupée à la largeur de l'encoche, de façon à comprimer la bobine dans l'encoche, cette bande étant soit de forme plate, soit en forme de V.

Si les têtes en fibre, ou rondelles des faces latérales ont disparu, soit en totalité, soit en partie, on peut rebobiner les induits sans avoir à faire de nouvelles têtes en suivant la méthode indi-

quée. On peut mettre une rondelle isolante à la place de la tête, selon la description déjà faite. Après la mise en place de cette isolation de tête, si les ouvertures des encoches ne sont pas trop étroites on peut suivre la méthode précédente d'isolation des encoches au moyen d'une longue bande, en utilisant deux épaisseurs de matériau isolant (ou bien une bande d'isolant d'épaisseur double). Si les ouvertures des encoches sont très étroites, on peut appliquer la méthode suivante : on emploie un isolant épais de 0,4 à 0,6 mm, et l'on coupe des bandes d'une longueur supérieure de 6 millimètres à celle de l'encoche, y compris l'isolation d'extrémité, et juste assez larges pour remplir entièrement l'encoche. Pour déterminer exactement cette largeur, on insère dans l'encoche un morceau d'isolant enroulé autour de la cheville, ou mandrin, et l'on marque l'isolant avec un couteau le long des bords de l'encoche. Puis on enlève la bande, et l'on découpe les côtés. Cette bande peut ensuite servir de modèle pour découper d'autres bandes. Il faut découper les bandes de façon que le grain du papier soit parallèle à la longueur de la bande (enveloppe d'encoche). Avec du fish papier, etc., et des encoches à fond plat, on peut donner aux éléments la forme voulue pour qu'ils s'adaptent à l'encoche grâce à une machine à gabarit. Il est parfois nécessaire de coller les bandes dans les encoches, mais souvent les encoches ont une forme telle que cela est inutile.

Protection et revêtement des éléments de bobinage dans une encoche (enveloppe). — Pour éviter les déchirures aux extrémités on peut employer deux méthodes. La meilleure consiste à border chaque côté de l'élément, en employant un ruban de papier écossais ou un ruban écossais en tissu de fibre de verre, avec une corde de 0,8 mm au bord. La Minnesota Mining Co. vend une machine à border actionnée soit à la main, soit par un moteur. La corde se trouvant dans le ruban renforce et raidit les extrémités de l'élément. La figure 27 montre comment on met en place cette bordure. Le matériau utilisé est découpé en longues bandes étroites, la largeur A étant la longueur de l'enveloppe dans le sens de l'arbre. La bordure est réalisée avec du tissu de verre traité et des combinaisons de verre et mica traitées à haute température, de mica et de fish papier, etc. On réalise ces enveloppes en pliant les extrémités de l'élément sur 3 millimètres à chaque extrémité comme le montre la figure 28. On peut se procurer diverses catégories de papier en rouleaux de 4,5 à 20 centimètres de largeur, avec les bords repliés.

Cales d'encoches. — On peut faire ces cales en bois ou en fibre de 0,8 ou 1,6 mm ou en fish papier de 0,38 à 0,58 mm. Quand les encoches sont bien pleines et qu'on ne peut pas enfoncer les cales par les extrémités, on peut employer une cale en fish papier de 0,58 mm coupée à peine plus large que l'ouverture de l'encoche et que l'on enfonce dans l'encoche par le sommet. Pour cela placer un bord de la cale sous le bord opposé de l'encoche à l'aide d'un chasse-coin étroit, en acier, et d'un marteau. A cet effet, on peut employer une vieille lame de scie à métaux dont on aura meulé les dents. Ceci s'applique aussi aux induits à encoches ouvertes. La cale assure le coincement

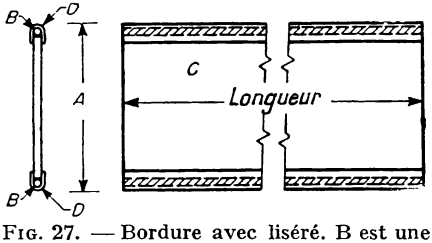


FIG. 27. — Bordure avec liséré. B est une corde de 0 mm 8 de diamètre, sur chaque bord de l'isolant d'encoche C. En D, on fixe un ruban de 12 mm 5 de large de ruban, papier ou tissu de fibre de verre, qui maintient la corde B sur l'angle.

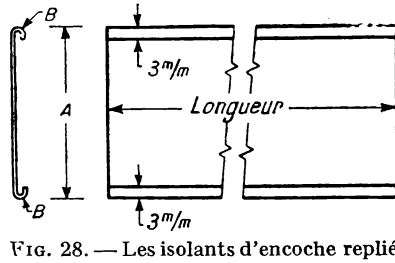


FIG. 28. — Les isolants d'encoche repliés sont obtenus en rabattant de 180° chaque bord B, le pli étant bien marqué. A est la longueur de l'isolant. Cette méthode ne peut s'utiliser qu'avec les isolants qui gardent bien leur forme.

et, une fois que l'induit aura été plongé dans le vernis, ces cales tiendront aussi bien que celles qu'on enfonce par le bout.

Quand un moteur fonctionnant à température élevée est mis hors service, il faut employer un alliage de soudure à haute teneur d'étain pour fixer les connexions aux ailettes du collecteur. Cette précaution est nécessaire car la soudure ordinaire à 50 % coulerait ou se ramollirait, et provoquerait alors un mauvais contact au collecteur ou bien laisserait les fils se détacher des ailettes du collecteur. Cela s'applique en particulier aux génératrices d'automobiles, qui fonctionnent quelquefois à température élevée.

Quand on fraise les ailettes des lames du collecteur, on emploie une fraise dont l'épaisseur est inférieure à celle du fil d'environ 0,10 à 0,15 mm. Cela assurera un bon contact et un coincement des fils, et l'on évitera ainsi tout ennui si les fils ont une tendance à se détacher.

La figure 29 montre l'emploi d'une bande d'isolation. On re-

marquera l'isolation autour de l'arbre et la rondelle de fibre, ou tête. Quand un induit est isolé, comme le montre la figure 29, les bords des bandes qui dépassent les fentes des encoches doivent être rabattus ouverts, en faisant courir le doigt entre les deux

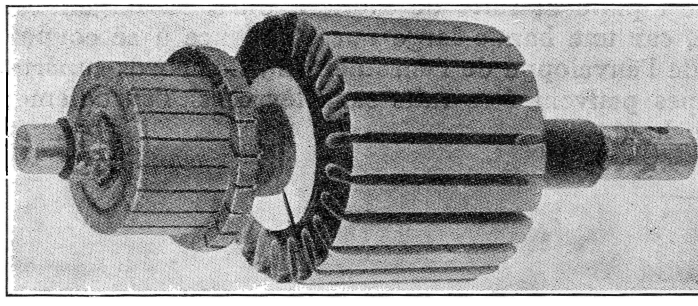


FIG. 29. — Aspect d'un induit isolé avec une bande continue. Ce mode d'isolement s'applique avec un ruban plus large d'environ 6 mm que l'induit n'est long. Le ruban isolant est disposé dans le fond des encoches et passe sur chaque dent. Une fois le bobinage en place, on coupe l'isolant au sommet des dents et on le replie dans les encoches sur les sections. On peut alors le maintenir en place au moyen des cales d'encoches.

bords et en les pressant contre les bords des encoches. Cela maintient l'enveloppe d'encoche ouverte et permet au fil de s'y glisser. Il est bon de couper l'un des coins de ces bandes, du côté de l'entrée de l'encoche : en bobinant, on peut presser avec le fil contre le coin non coupé et faire ouvrir ainsi l'enveloppe.

ISOLATION DES ENCOCHES

Il existe divers systèmes d'isolation des encoches, mais le principal but recherché est d'isoler de la masse (ou du noyau) et de réaliser l'isolation entre les moitiés supérieure et inférieure des bobines. Avec de bas voltages jusqu'à 110 volts, on peut négliger l'emploi de séparateurs entre les moitiés de bobines. Pour des voltages supérieurs à 110 volts et jusqu'à 600 volts, avec lesquels on emploie du fil triple ou quadruple Formex, on peut également ne pas mettre de séparateurs

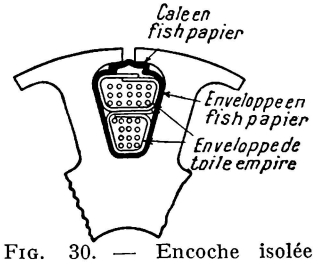


FIG. 30. — Encoche isolée avec du fish papier qui recouvre toute la face interne de l'encoche mais laisse libre la fente.

A l'intérieur de ce fish papier on place une autre enveloppe de toile empire, pour chaque bobine ; les bords de cette deuxième enveloppe dépassent la fente de l'encoche de manière à guider et protéger les fils pendant le bobinage.

La figure 30 montre un dispositif d'isolation des encoches. La cale peut être plate ou bien en forme de U, et peut être mise à

l'intérieur de l'enveloppe de section ou dessus. Le point le plus important auquel il faut prendre garde est que les fils soient maintenus à l'intérieur de l'enveloppe et loin du noyau.

Une bande placée au centre peut être plate ou en forme de U. Si elle est plate et faite de matière dure, sa largeur doit être correcte, car une bande large aura tendance à se couper à l'intérieur de l'enveloppe de l'enroulement. Les bords supérieurs des enveloppes peuvent être faits sans lèvres si l'enroulement n'est pas trop haut.

CHAPITRE IV

TERMES DE BOBINAGE ET RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Etant donné que la plupart des enroulements d'induits à courant continu dont il est question dans cet ouvrage sont du type à deux pôles (bipolaire), et bobinés le plus souvent au tour ou à la main en faisant passer le fil directement du dévidoir sur l'induit, on trouvera dans ce chapitre la description des nombreux termes et des nombreuses méthodes qu'il est nécessaire de connaître sur les enroulements bipolaires.

Enroulement imbriqués. — Les enroulements imbriqués, tels qu'ils sont employés sur les petits induits, sont la plupart du temps du type simplex, avec, pour les moteurs bipolaires, deux parcours d'un balai positif à un balai négatif, comme le montrent les figures 31 A à 31 E. L'induit a huit encoches et huit lames; dans tous les schémas les lignes en trait plein indiquent les demi-bobines supérieures et les lignes pointillées les demi-bobines inférieures.

Le décalage au collecteur, le sens dans lequel est fait l'enroulement par rapport à ce décalage, et la position des balais ont une très grande importance, et la figure 31 fait ressortir ces détails.

Il y a deux positions générales dans lesquelles on peut fixer les balais ou les porte-balais. Ce sont : 1° les balais sur la ligne des pôles comme sur les figures 31 A et 31 E; 2° les balais sur l'axe de la région neutre comme sur les figures 31 B à 31 D. Cependant, certains enroulements auront les côtés et les extrémités des bobines placés différemment comme dans les figures 31 G, etc., pour obtenir des conditions différentes de commutation. Ainsi, c'est avec le plus grand soin qu'il faut noter les indications concernant les enroulements.

Enroulement progressifs. — Il est de règle que la plupart des enroulements imbriqués soient progressifs, c'est-à-dire que l'on avance d'une lame située soit à droite, soit à gauche de celle

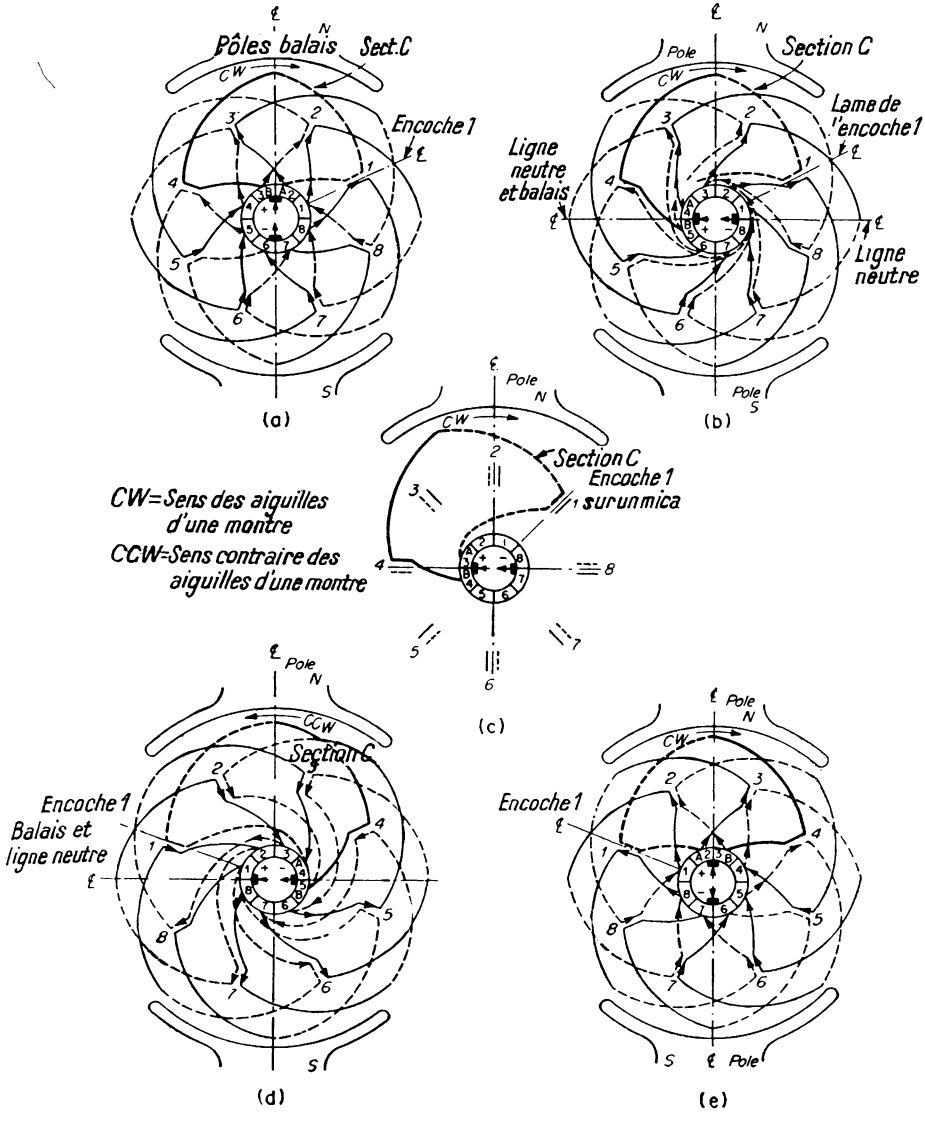


FIG. 31. — (*a*) Pas à gauche, décalage à gauche, ligne des balais sur la ligne des pôles. (*b*) Pas à gauche, décalage à gauche, balais sur la ligne neutre. (*c*) Pas à gauche, décalage à gauche, balais décalés dans le sens de la rotation. (*d*) Pas à droite, décalage à droite, balais sur l'axe de la zone neutre. (*e*) Pas à droite, sans décalage à la mise au collecteur, balais sur la ligne des pôles.

dont on est parti, comme sur la figure 31 A. On part de la lame A-2 et l'on progresse vers la lame B-3. La direction de la progression dépend de la main à laquelle est fait l'enroulement.

Enroulements rétrogrades. — Pour réaliser un enroulement rétrograde, les extrémités supérieure et inférieure des bobines doivent être croisées l'une sur l'autre.

Liaison au collecteur. — Il y a trois positions dans lesquelles les extrémités des bobines peuvent être connectées au collecteur, en prenant comme origine la partie supérieure de la section considérée, comme le montre les figures 31 A à 31 D. Ce sont (1) connexion au centre; (2) connexion avec décalage à droite; (3) connexion avec décalage à gauche.

Connexion au centre. — Cette expression signifie que les conducteurs du sommet et de la base d'une section arrivent dans l'axe de cette section, comme on le voit sur les figures 31 A et 31 E. Dans certains cas, les conducteurs peuvent être décalés par rapport au centre, mais coupent toujours tous les deux l'axe de la section.

Connexion avec décalage à gauche. — Dans ce cas, tous les conducteurs passent à gauche de l'axe de la section, ou à gauche de l'encoche la plus élevée, comme dans les figures 31 B et 31 C.

Connexion avec décalage à droite. — Cette expression signifie que tous les conducteurs passent à droite de l'axe de la section ou à droite de l'encoche la plus élevée, comme dans la figure 31 D.

Connexion directe. — Cette expression prête à confusion, mais elle est fréquemment utilisée, ce qui amène souvent des erreurs dans les liaisons au collecteur; comme la plupart des moteurs modernes sont sensibles à un décalage de lame, il faudrait toujours faire un repère sur une lame ou sur une séparation de lame en mica par rapport à l'axe d'une bobine.

Conducteurs divisés par moitié. — Cette expression prête également à confusion car elle veut indiquer que toutes les liaisons se font en quantité égale de chaque côté de l'axe d'une bobine.

Connexion un et deux. — Cette expression est fréquemment utilisée à tort pour indiquer que toutes les liaisons se font en quantité égale de chaque côté de l'axe d'une bobine. Faites un

croquis de toutes les connexions et du pas des bobines pour éviter toute erreur.

Pas de l'enroulement. — Tous les termes précédents supposent que l'observateur se trouve du côté collecteur de l'induit et que l'on connaît l'emplacement de la demi-section ou de l'encoche dans laquelle se termine cette bobine. Ceci permet de définir deux termes essentiels de la façon suivante :

Pas à gauche. — Les enroulements avec pas à gauche sont ceux dans lesquels les demi-sections visibles ou les demi-sections renfermant les conducteurs ou les boucles de sortie se trouvent à gauche.

Pas à droite. — Les enroulements avec pas à droite sont ceux dans lesquels les demi-sections visibles ou les demi-sections renfermant les conducteurs ou les boucles de sortie se trouvent à droite.

Conducteurs d'induit. — Chaque section enroulée sur un induit comporte deux conducteurs. Le premier est celui du commencement de la section; on le nomme souvent « entrée » ou « conducteur de base ». Le second est celui de la fin, que l'on nomme conducteur de « sortie » ou de « sommet ». Il existe de nombreuses méthodes pour identifier ces conducteurs, mais avec l'enroulement en boucle, il est facile d'identifier la dernière section mise en place dans l'induit pour déterminer l'emplacement de chaque conducteur.

Avec les induits ayant le même nombre d'encoches que de lames au collecteur, le conducteur d'entrée et le conducteur de sortie sont torsadés ensemble pour n'en former qu'un; quand il y a plus d'une section par encoche, un repère sur la dernière section bobinée comportera un seul fil si l'enroulement est à fil simple, ou deux ou plus si l'enroulement a été exécuté en mettant deux ou plusieurs fils en parallèle.

Les conducteurs de sortie ou de sommet peuvent toujours être identifiés en sonnant les deux ou trois dernières sections mises en place, ce qui permet de déterminer la façon de faire les liaisons au collecteur.

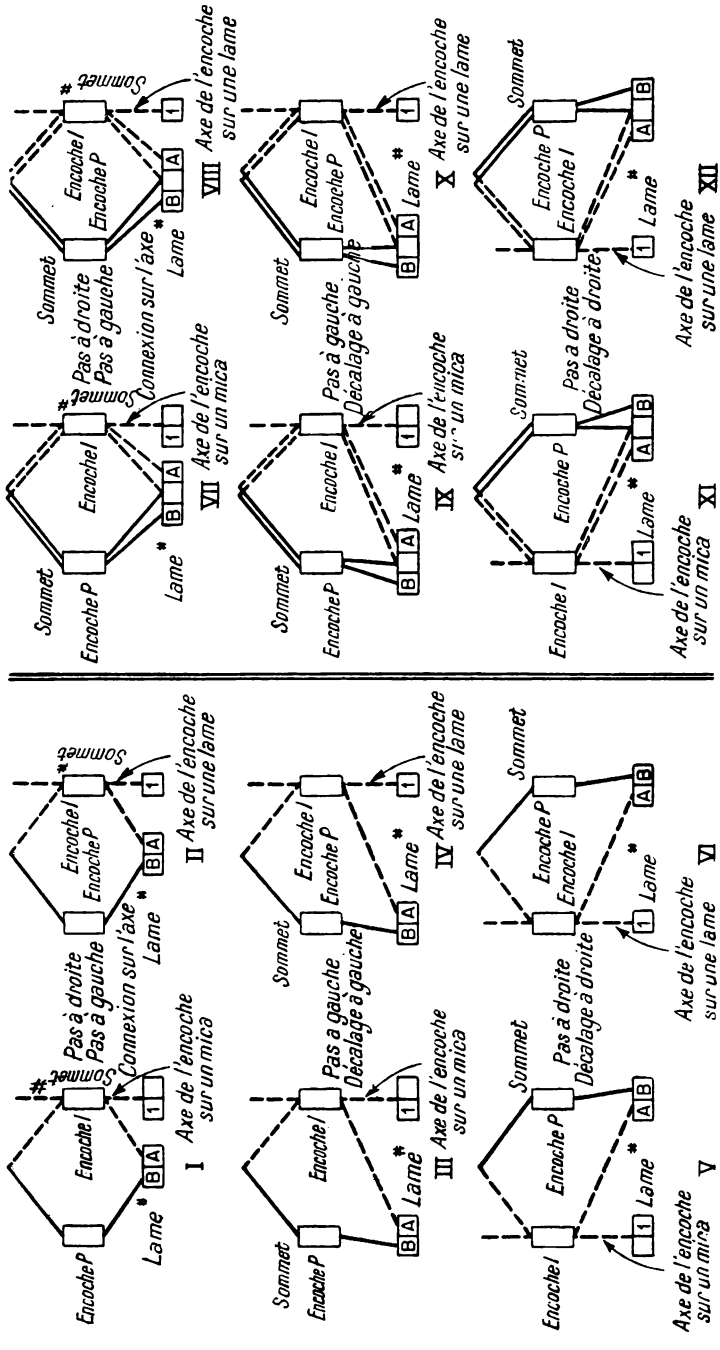
Couches de conducteurs. — La méthode de faire les liaisons au collecteur varie suivant les constructeurs, mais, dans la plupart des cas, les sorties sont faites de telle sorte qu'elles peu-

vent être soudées aux lames une fois que la section a été mise en place. Dans ce cas, toutes les entrées ou tous les conducteurs de base sont reliés les premiers, soit en couche simple, soit en couche multiple suivant le nombre de sections simples et l'emplacement disponible. Si tous les conducteurs sont disposés dans une seule gaine isolante, les conducteurs supérieurs peuvent être disposés en une couche ou en deux couches, les conducteurs de la couche supérieure allant dans des encoches alternées, etc.

Lorsque l'on utilise des conducteurs non isolés dans la même gaine, par exemple des bobines de fils, les conducteurs supérieurs devraient être disposés en une seule couche avec interposition de papier huilé entre les conducteurs. Par suite, avant de déconnecter les conducteurs du collecteur, notez comment sont faites les connexions des conducteurs supérieurs afin d'être certain de la manière dont vous rebobinerez.

Comment noter les données relevées. Bases des relevés d'enroulements. — Il faut adopter un système méthodique pour noter de façon standard la manière de refaire les enroulements. La méthode la plus courante, qui s'applique à tous les enroulements imbriqués d'induits, consiste à appeler l'encoche dans laquelle se trouve la partie inférieure de la section de départ du relevé encoche 1, comme on peut le voir sur les figures 31 B à 31 E. Il y a alors deux combinaisons possibles pour considérer la manière dont l'axe de l'encoche 1 est reliée au collecteur. Ce sont (1) l'axe de l'encoche 1 se trouve en face de l'axe de la lame 1 du collecteur, comme sur les figures 31 A, B, D et E; (2) l'axe de l'encoche 1 est sur l'axe d'une lame de mica du collecteur entre la lame 1 et la dernière lame, comme sur la figure 31 C.

Ainsi, en appelant encoche 1 et lame 1 le point de départ du conducteur inférieur de la section inférieure, il est possible de relever tous les types d'enroulements d'induits. Ce mode de relevé d'encoche de départ et de lame de départ peut être utilisé quel que soit l'enroulement considéré, quel que soit l'emplacement des balais et les schémas obtenus, s'ils sont relevés correctement, en notant l'encoche de départ et la lame de départ, ainsi que la lame de mica de départ du collecteur, pourront représenter n'importe quel enroulement. Avec un enroulement à connexion au centre, il faut prendre un soin extrême de bien relier les conducteurs aux lames du collecteur de façon correcte par rapport aux encoches de la section de référence, car la position respective des encoches, des lames du collecteur et de la ligne neutre fait partie intégrante de chaque moteur, et toute modification se traduira


Encoche P
Encoche I
Encoche/ Encoche P
Sommet
Pas à droite
Pas à gauche
Connexion sur l'axe
Lame
Axe de l'encoche sur un mica
Axe de l'encoche sur une lame
Décalage à gauche
Décalage à droite
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

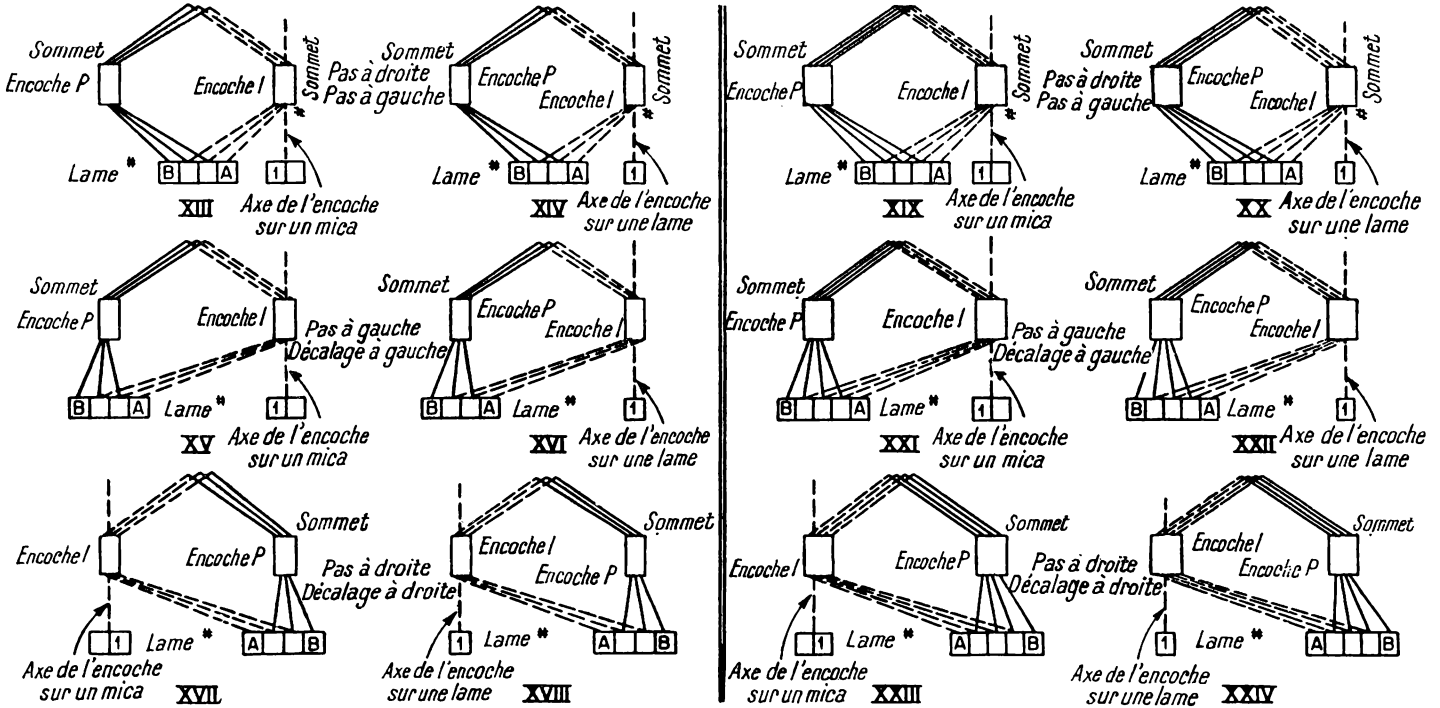


FIG. 32. — Schémas de bobinages imbriqués. La marque * sur tous les schémas indique que, dans le cas d'un bobinage à pas à droite, l'encoche 1 renferme la moitié supérieure de la section, ainsi que son conducteur d'entrée, qui est relié à la lame A.

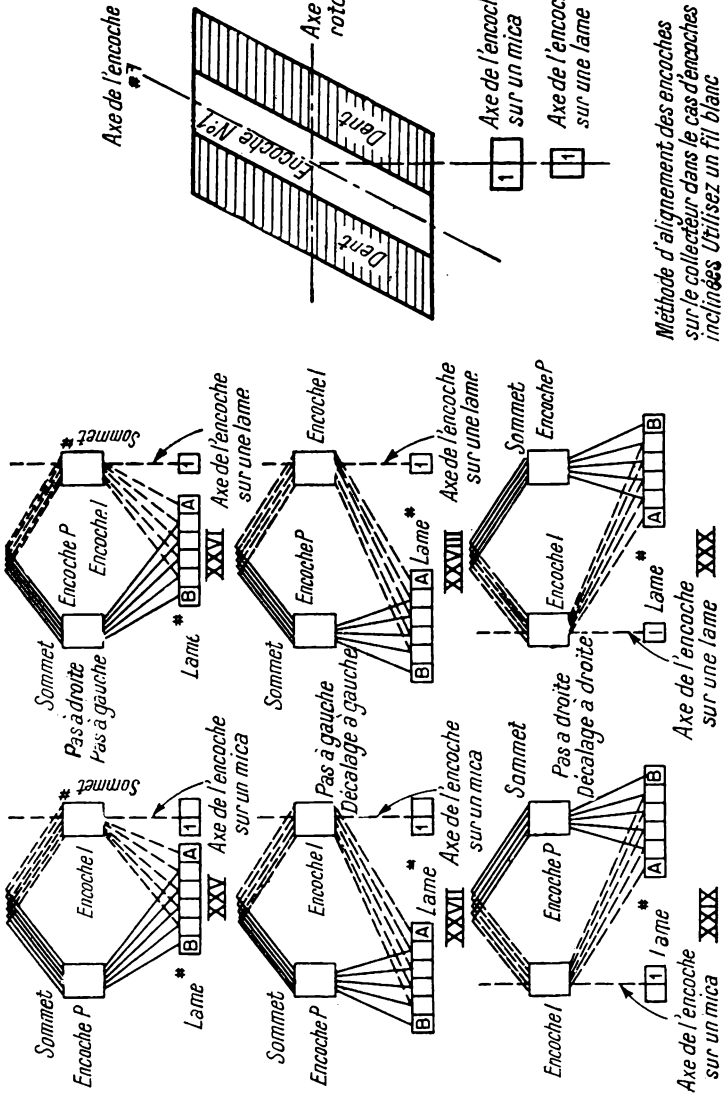

Sommet
Encoche P
Encoche I
Pas à droite
Pas à gauche
Lame
Axe de l'encoche sur un mica
Axe de l'encoche sur une lame
Décalage à gauche
Décalage à droite
XXV
XXVI
XXVII
XXVIII
XXIX
XXX
Axe de l'encoche #1
Encoche N°1
Dent
Axe du rotor
Axe de l'encoche 1 sur un mica
Axe de l'encoche 1 sur une lame
Méthode d'alignement des encoches sur le collecteur dans le cas d'encoches inclinées. Utilisez un fil blanc

FIG. 32 (suite).

par un changement des propriétés électriques et mécaniques du moteur.

Effet du sens de bobinage sur les enroulements à pas à gauche ou à pas à droite. — Les induits bobinés à gauche avec conducteurs reliés à gauche, comme représenté sur la figure 31 B, doivent être rebobinés de la même manière. Les induits bobinés à droite avec conducteurs reliés à droite, comme représenté sur la figure 31 D, doivent également être rebobinés de la même manière, pour des raisons que nous donnons ci-dessous.

Considérons la figure 31 B, qui représente un enroulement bipolaire, avec balais sur la ligne neutre et dont les encoches de la section C sont également distantes de la ligne des pôles. Cet enroulement est un enroulement à gauche avec conducteurs reliés à gauche. Le courant circule comme indiqué par les flèches en s'éloignant du centre du croquis suivant les encoches 1, 2, 3 et 4, la bobine C étant court-circuitée par les balais pendant la commutation. Les flèches montrent le sens de circulation du courant dans l'enroulement du balai positif au balai négatif. Les deux sections dont les extrémités sont court-circuitées par les balais ne comportent pas de flèches, car, à ce moment, elles ne sont traversées par aucun courant utile. Ce mode d'enroulement se traduit par une rotation de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre. Par suite, toutes choses égales d'ailleurs, si les enroulements étaient bobinés à droite et les conducteurs reliés à droite, l'effet serait celui représenté sur la figure 31 D.

Rebobinage avec enroulement à droite. — La figure 31 D représente un moteur bipolaire dont la ligne des balais et la ligne des pôles sont les mêmes que sur la figure 31 B, mais dont l'induit a été rebobiné avec pas à droite avec les conducteurs reliés à droite. Dans ce cas, avec des balais de même polarité, les flèches des encoches 1, 2, 3 et 4 se dirigent vers le centre du croquis, soit à l'inverse du sens de la figure 31 B. L'induit tourne alors dans le sens opposé au sens des aiguilles d'une montre.

Il en résulte que les induits bobinés dont les conducteurs de section sont reliés au collecteur en face de l'encoche de départ, comme sur les figures 31 B à D, doivent être rebobinés exactement suivant le même schéma.

Les enroulements à droite ou à gauche dont les encoches ne sont pas également distantes de la ligne des pôles sont représentés sur la figure 31 C, qui représente un moteur bipolaire dont les balais sont sur la ligne neutre, avec bobinage à gauche, déca-

lage à gauche des conducteurs, l'axe de l'encoche 4 étant disposé sur la ligne neutre. Le changement de sens d'un tel enroulement amènerait à disposer la bobine C dans les encoches 3 et 8. Une telle modification se traduirait par une altération du fonctionnement magnétique du moteur, par rapport à son fonctionnement d'origine.

Schémas d'induits à enroulement imbriqué. — Les trente petits schémas de la figure 32 peuvent être utilisés comme une base de départ pour relever tout enroulement imbriqué ayant une, deux, trois, quatre ou cinq sections, avec enroulement à droite ou à gauche, et conducteurs décalés à droite, au centre ou à gauche, comme nous l'expliquons ci-dessous.

Ces schémas sont divisés en cinq groupes de six schémas chaque, suivant le nombre de sections simples. Les figures I à VI comportent une section par encoche; les figures VII à XII deux sections par encoche; les figures XIII à XVIII trois sections par encoche; les figures XIX à XXIV quatre sections par encoche, etc.

Chaque groupe de six schémas se divise en trois parties; la rangée supérieure est utilisée pour les enroulements dont les conducteurs sont reliés au centre, la seconde rangée pour les conducteurs décalés à gauche et la rangée inférieure pour les conducteurs décalés à droite. Chaque partie comporte deux schémas; les figures paires sont utilisées lorsque l'axe de l'encoche 1 tombe sur un mica, alors que les figures impaires sont utilisées lorsque l'axe de l'encoche 1 tombe sur la lame 1.

Sur chaque figure, l'encoche P est celle dans laquelle tombe la partie supérieure de la section de départ; par exemple cette encoche est l'encoche 4 dans les figures 31 A et B.

Les lames marquées A et B (figure 32) sont la première et la dernière lame auxquelles sont reliés les conducteurs inférieurs et supérieurs. La lame A est toujours utilisée pour le premier conducteur inférieur du groupe, et la lame B pour le dernier conducteur supérieur du groupe pour la section de départ.

Les extrémités supérieures et inférieures et les conducteurs des bobinages avec conducteurs non décalés, tel que sur les schémas des figures I et II, VII et VIII, XIII et XIV, XIV, XIX et XX, XXV et XXVI sont indiqués en barrant pas à droite ou pas à gauche sur le schéma d'enroulement (figure 32). Ces figures ont été tracées pour un enroulement à gauche, et les lignes pointillées sont utilisées pour distinguer les conducteurs inférieurs des demi-sections. Dans le cas d'un enroulement à droite, la sortie se fera de la demi-encoche de la section supérieure et l'encoche

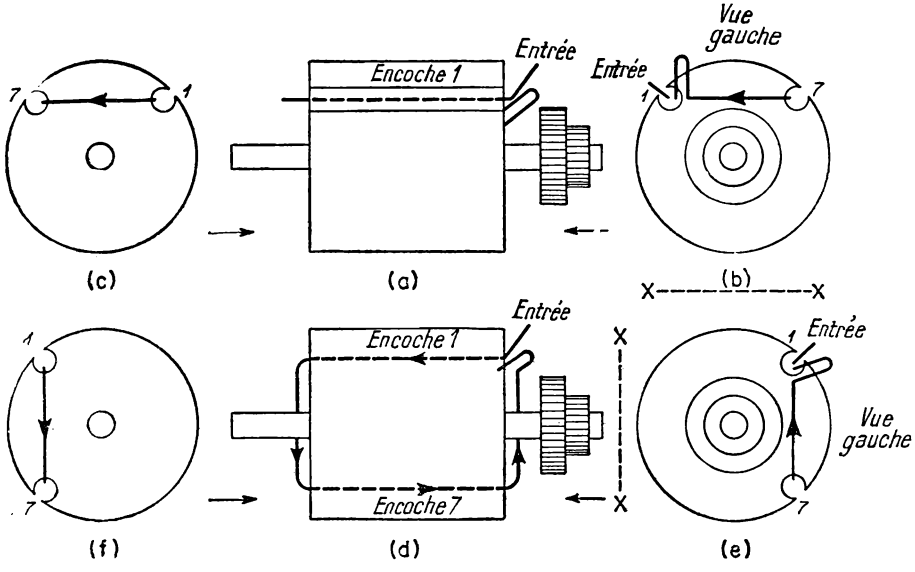


FIG. 33. — Bobinage imbriqué bobiné machine, pas à gauche, section bobinée à gauche de l'arbre. Toutes les boucles restent au sommet des sections. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. *Voir* figure 39 (*b*).

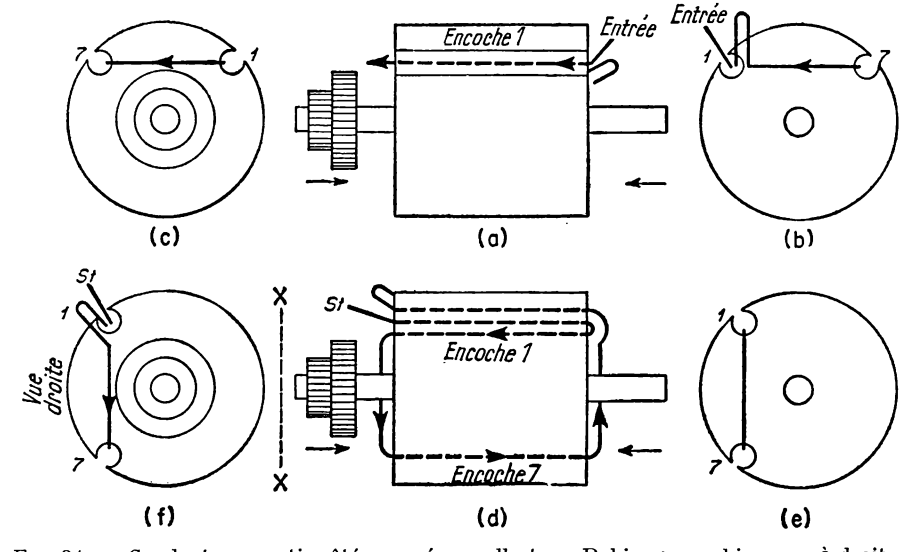


FIG. 34. — Conducteurs sortis côté opposé au collecteur. Bobinage machine, pas à droite, bobiné à gauche de l'arbre. Toutes les boucles se trouvent en haut et à droite. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. *Voir* figure 40 (*f*).

P sera celle de la demi-section inférieure. L'astérisque (*) sur toutes les figures indique que, dans le cas d'un enroulement à droite, l'encoche 1 contient la moitié de la bobine supérieure et son conducteur et que la lame A est également reliée au premier conducteur supérieur.

Liaisons au collecteur. — Il faut prendre soin de s'assurer que l'induit sur lequel on a pris une encoche de référence porte en face de cette encoche une lame de collecteur ou un mica, car une erreur se traduira par un décalage d'une demi-lame, ce qui, dans certains cas, peut se traduire par une mauvaise commutation et un échauffement. Si l'on enlève les collecteurs pour les démonter ou pour les remplacer, il faut les remonter à la presse en respectant leur position d'origine.

SCHÉMAS D'ENROULEMENTS D'INDUITS

Pour montrer comment les induits doivent être montés sur les machines à bobiner automatiques, sur les tours à bobiner ou sur les supports de bobinage à main, et pour montrer comment il faut faire tourner l'induit, décaler au collecteur, etc., nous utiliserons vingt-six croquis qui donnent les indications de base valables pour les principaux cas d'enroulements parallèles décrits dans les chapitres suivants.

Dans tous ces croquis, la vue A est la vue en plan, avec le collecteur soit à droite, soit à gauche. Les vues B et E sont vues dans la direction indiquée par les flèches. Les vues C et F sont également dans le sens indiqué par les flèches. La vue D est une élévation de face. Tous les croquis représentent l'induit prêt à recevoir le fil de la première section et toutes les vues sont conformes à la numération des tables 11 à 22 inclus.

Enroulement à conducteurs en boucles. — Ce terme sert à désigner tous les enroulements dans lesquels on forme une boucle au début et à la fin de chaque section; l'encoche d'où sortent ces boucles est considérée comme l'encoche de la moitié supérieure de la section; le sens de l'enroulement est déterminé par l'emplacement final des boucles. Les figures 33 à 40 donnent tous les enroulements possibles d'enroulements à boucle.

Bobinage à gauche en considérant la gauche de l'arbre. — Le bobinage de la figure 33 a son fil du côté gauche de l'arbre. En utilisant les tables 1 à 11, l'induit tournant en sens inverse des aiguilles d'une montre, on voit qu'il se termine sur une section

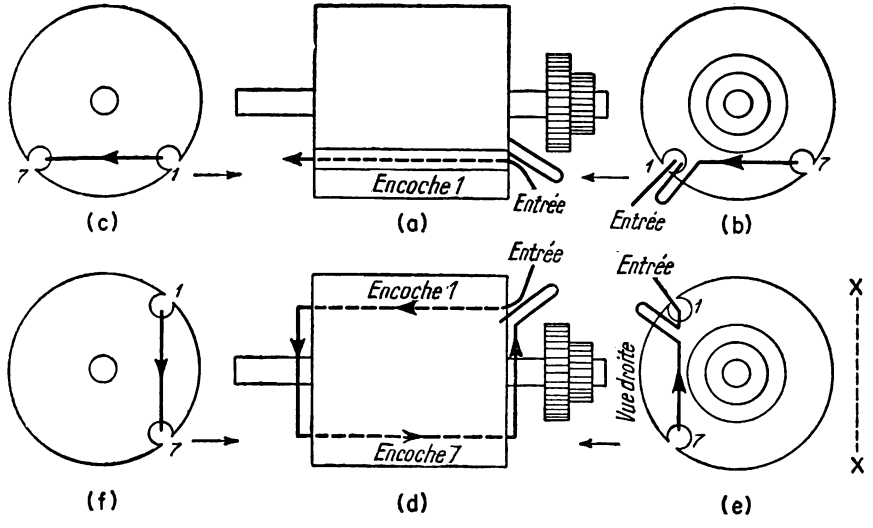


FIG. 35. — Bobinage imbriqué bobiné machine, pas de section à droite, du côté droit de l'arbre. Toutes les boucles de conducteurs se trouvent en haut à droite. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figure 27 (*b*).

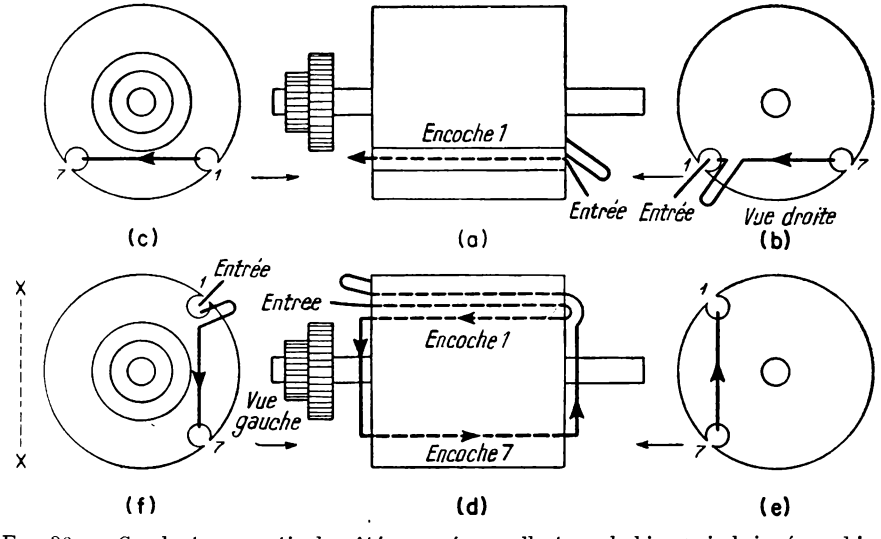


FIG. 36. — Conducteurs sortis du côté opposé au collecteur, bobinage imbriqué machine pas de section à droite, du côté droit de l'arbre. Les boucles se trouvent toutes au sommet au moment du décalage. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figure 38 (*f*).

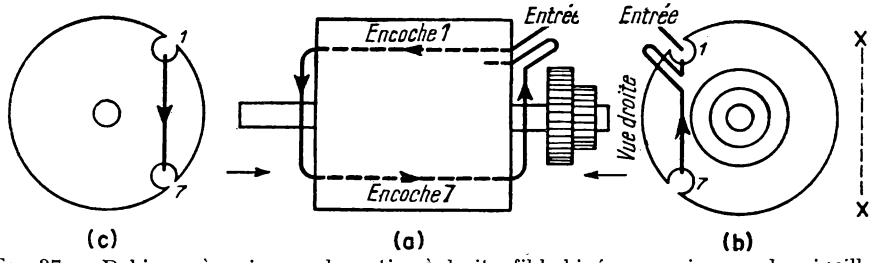


FIG. 37. — Bobinage à main, pas de section à droite, fil bobiné en sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre, boucles à droite en haut. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figures 35 (*b*) et (*e*).

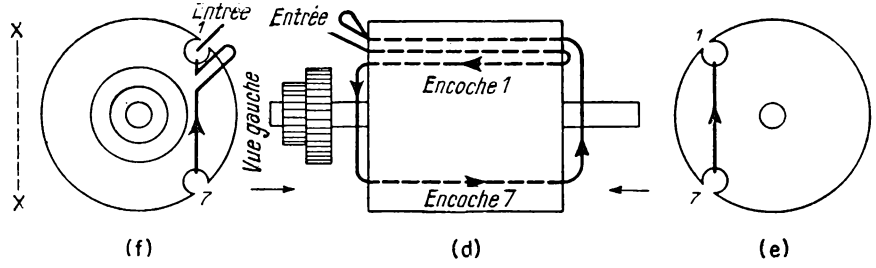


FIG. 38. — Bobinage à main, conducteurs sortis côté opposé au collecteur, sections à pas à gauche. Bobinage en sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre. Boucles en haut à gauche. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figure 35 (*f*).

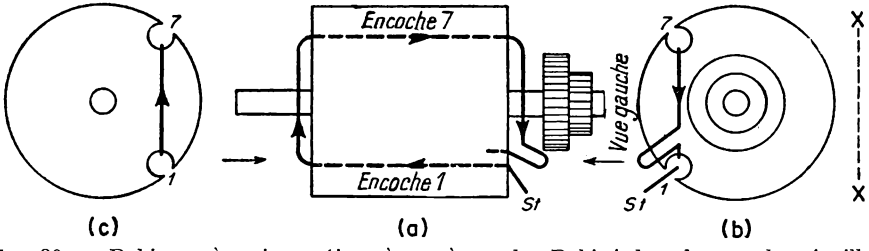


FIG. 39. — Bobinage à main, sections à pas à gauche. Bobiné dans le sens des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre. Les boucles se trouvent en haut à gauche. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figure 33 (*b*) et (*e*).

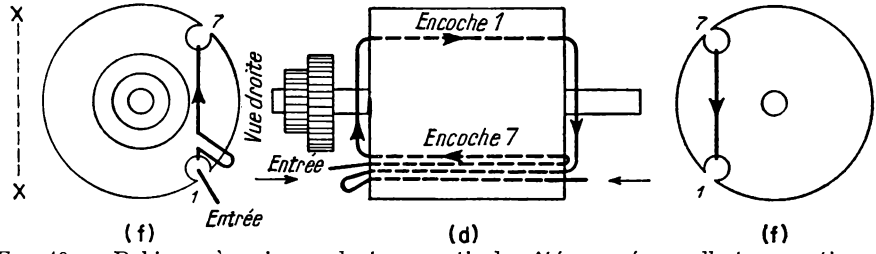


FIG. 40. — Bobinage à main, conducteurs sortis du côté opposé au collecteur, sections à pas à droite. Bobinage dans le sens des aiguilles d'une montre au dessus de l'arbre. Boucles en haut à droite. Utilisez les tables 1 à 11. Décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Voir figure 34 (*f*).

bobinée à gauche, suivant les vues B et E. La reproduction de cet enroulement à la main se fait en utilisant la figure 39.

Le mode de bobinage des premières spires de la section 1, représenté sur la figure 33, est celui qui est le plus couramment utilisé sur les machines automatiques à bobiner, qui donne la forme d'extrémité des sections en utilisant des guides en fils métalliques, ou cornes.

Pour mieux comprendre les principes donnés par les figures 33 à 48, il est possible d'utiliser un vieil induit sur lequel on effectue des enroulements au moyen de cordonnet ou de ficelle conformément à chaque croquis. Nous conseillons au lecteur de se familiariser avec chaque mode de bobinage représenté, ce qui facilitera par la suite la compréhension des divers enroulements décrits dans ce livre.

Conducteurs sortis à l'opposé du collecteur, bobinés à droite en considérant la gauche de l'arbre. — L'enroulement représenté sur la figure 34 est à section bobinées à droite, bien qu'il soit exécuté suivant la même méthode que celui de la figure 33; la seule différence provient du fait que le collecteur, ou l'extrémité collecteur de l'induit, se trouve à gauche pendant le bobinage; par suite, quand on effectue la mise au collecteur, comme sur la figure 34, D, on termine conformément à la vue F, soit une bobine à pas à droite dans les deux cas (fig. 33 et 34). Le fil est passé à gauche de l'arbre (tables 1 à 11) lors du déplacement de l'induit pour passer d'une encoche à l'autre.

Ainsi, en déplaçant le collecteur au cours du bobinage, et en ressortant les conducteurs par derrière on peut changer le sens, la main sur les enroulements à boucle.

Bobinage à droite en considérant la droite de l'arbre. — Le bobinage spire par spire, représenté sur la figure 35, se traduit par l'obtention d'une section à droite, le fil passant à droite de l'arbre, le collecteur disposé à droite, la fin du bobinage s'effectue sur la section à pas à droite de la vue E.

Dans les figures 33 à 48, les flèches disposées sur les sections montrent comment les conducteurs sont disposés quand l'induit tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, comme l'indique la flèche de la figure 35 D.

Conducteurs sortis à l'opposé du collecteur, bobinés à gauche en considérant la droite de l'arbre. — Sur la figure 36, le collecteur est disposé à gauche, et l'induit est bobiné comme sur

la figure 35. On ramène alors les conducteurs d'entrée et de sortie de section au sommet des encoches, ce qui produit le bobinage à gauche de la figure 36 F.

Bobinage à la main, sections à pas à droite. — Les quatre enroulements précédents des figures 33 à 36 étaient des bobinages à la machine, tandis que sur la figure 37 le fil est disposé sur l'induit, en sens inverse des aiguilles d'une montre, au dessus de l'arbre, avec le collecteur à droite. On obtient ainsi une section à pas à droite, figure 36 B, bobinage comparable au bobinage à la machine de la figure 35 E.

Bobinage à main, conducteurs sortis à l'arrière, pas à gauche. — Sur la figure 38, le collecteur a été disposé à gauche et l'induit a été bobiné suivant le schéma de la figure 37. Alors, en ramenant les sorties et entrées de section à la partie supérieure des encoches on obtient le bobinage à pas à gauche de la figure 38 F. Ce bobinage est comparable au bobinage à la machine de la figure 36 F.

Bobinage à main, sections à pas à gauche. — Sur la figure 39, le collecteur se trouve à droite et les conducteurs sont bobinés sur le noyau d'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, en commençant à gauche de l'induit, comme sur la figure 39 B. On peut obtenir un bobinage avec sections à pas à gauche conforme à celui de la figure 39 B, comparable au bobinage à la machine des figures 33 B et E.

Conducteurs sortis à l'arrière. sections à pas à droite. — Dans la figure 40, le collecteur a été disposé à gauche et l'induit a été bobiné comme sur la figure 39. En ramenant les fils d'entrée et de sortie de section au sommet des encoches vers le collecteur, on obtient l'enroulement à section à pas à droite de la figure 40 F, comparable au bobinage à la machine de la figure 34 F.

En comparant les figures 33 à 48, représentant des bobinages à la main, etc., il faut tourner chaque vue, ou les diverses vues de telle sorte que la section se trouve au dessus de l'arbre, les entrées et sorties de section, ou les fils de mise au collecteur se trouvant à votre droite ou à votre gauche, ou la ligne pointillée xx à la partie inférieure de la figure.

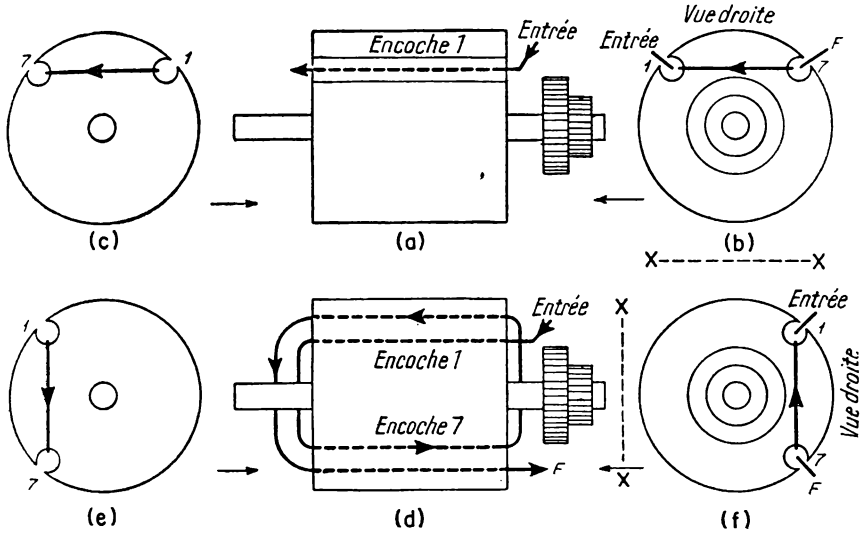


FIG. 41. — Bobinage machine, sections à pas à droite, bobinées à gauche de l'arbre, conducteurs aux extrémités des encoches. Utilisez les tables 12 à 22 inclus. Décalage dans le sens des aiguilles d'une montre. Voir figure 47 (*b*).

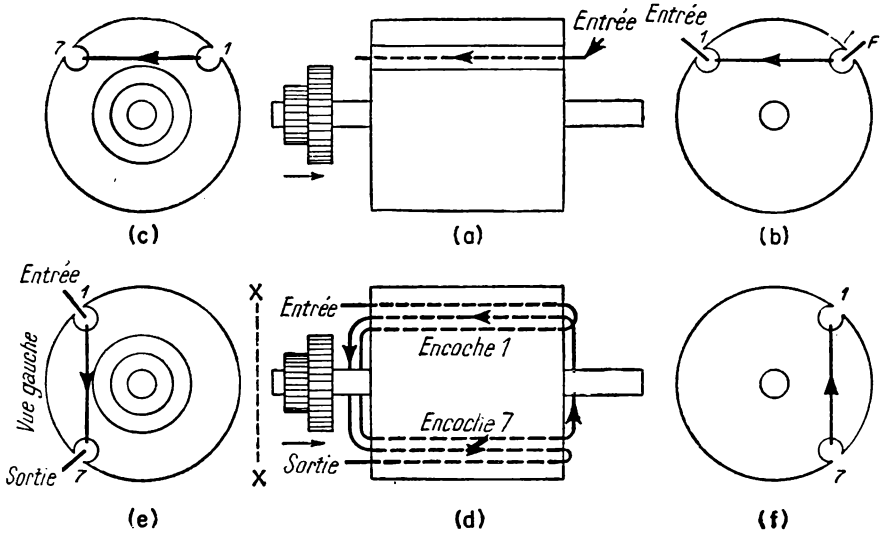


FIG. 42. — Conducteurs sortis du côté opposé au collecteur. Bobinage machine, sur le côté gauche de l'arbre, donc sections à pas à gauche. Utilisez les tables 12 à 22 inclus. Décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre. Voir figure 48 *f*.

SORTIE DES CONDUCTEURS A L'EXTRÉMITÉ DES ENCOCHES

Les enroulements des figures 33 à 40 ont leurs conducteurs disposés en « boucles » avec sortie au sommet d'une encoche. Les enroulements que nous allons décrire, figures 41 à 48, comportent deux conducteurs séparés pour chaque section, un à l'extrémité de l'encoche inférieure, nommé conducteur de départ (soit St), et l'autre à l'extrémité de l'encoche supérieure, nommé conducteur d'extrémité (F).

Ces enroulements sont réalisés en partant d'autant de dévidoirs à fils qu'il y a de sections simples; par exemple, avec un induit de 14 encoches et un collecteur à 28 lames, il faut bobiner à fil double.

Tous les bobinages des figures 41 à 48 inclus utilisent les tables 12 à 23, et l'induit doit être déplacé dans le sens des aiguilles d'une montre en passant d'une encoche à l'autre. Les figures 41 à 44 se rapportent à des bobinages à la machine ou au tour; les figures 45 à 48 à des bobinages à la main réalisés de telle sorte qu'ils soient comparables à des bobinages à la machine.

Section à pas à droite passant à gauche de l'arbre. — Sur la figure 41, le collecteur est disposé à droite et le fil est enroulé en passant à gauche de l'arbre, le conducteur de départ se trouvant à l'extrémité de l'encoche 1, le conducteur de fin se trouvant à l'extrémité de l'encoche, avec décalage d'une section sur l'encoche 7. Ce mode de bobinage se traduit sur les figures 41 à 48 par des sections à pas à droite, comme sur les figures 41 B et 41 F.

Sorties à l'opposé du collecteur, pas à gauche. — Sur la figure 42, le collecteur a été disposé à gauche et l'induit a été bobiné suivant le même schéma que sur la figure 41. On ramène ensuite tous les conducteurs du côté du collecteur en les passant au sommet des encoches, et on obtient le bobinage à gauche de la figure 42 E. On utilise cette méthode de bobinage quand la place entre collecteur et armature d'induit est réduite; on diminue ainsi le volume des mises au collecteur, les croisements d'encoches à lames pouvant se faire sur le chignon arrière, ce qui diminue le nombre de couches entre induit et collecteur, par suite de la diminution de la longueur des sorties.

Section à pas à droite en passant à droite de l'arbre. — Sur la figure 43, le collecteur se trouve à droite et le fil passe du

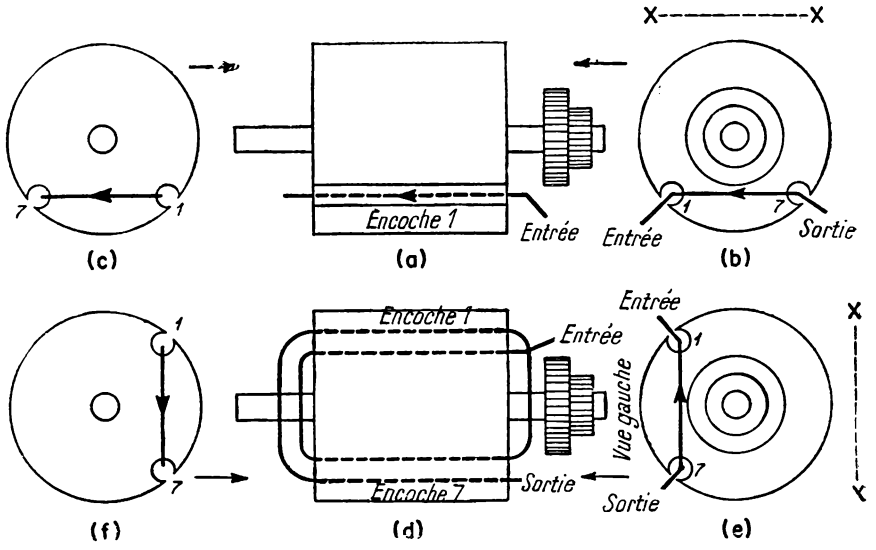


FIG. 43. — Bobinage machine, sections à pas à gauche. Bobiné du côté droit de l'arbre. Conducteurs aux extrémités des encoches.

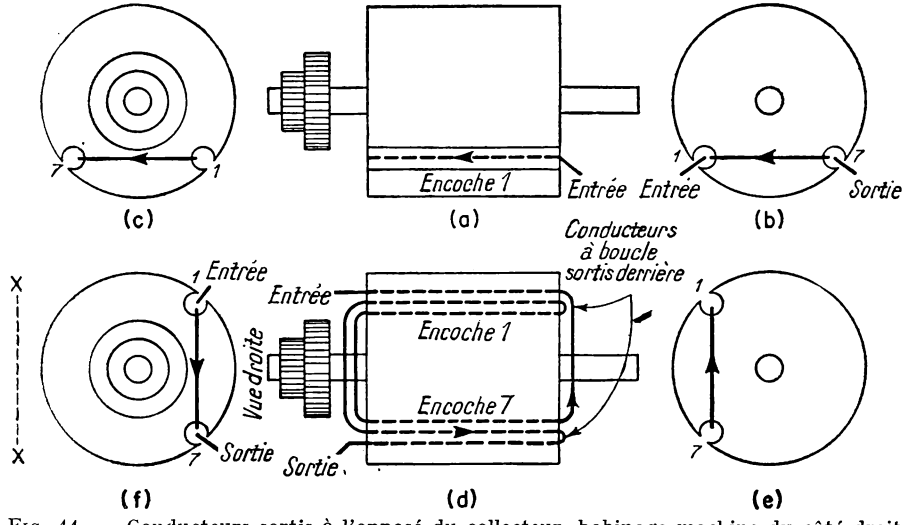


FIG. 44. — Conducteurs sortis à l'opposé du collecteur, bobinage machine du côté droit de l'arbre, donc sections à pas à droite. Utilisez les tables 12 à 22 inclus. Conducteurs à l'extrémité des encoches, décalage dans le sens des aiguilles d'une montre. Voir figure 46 (*f*).

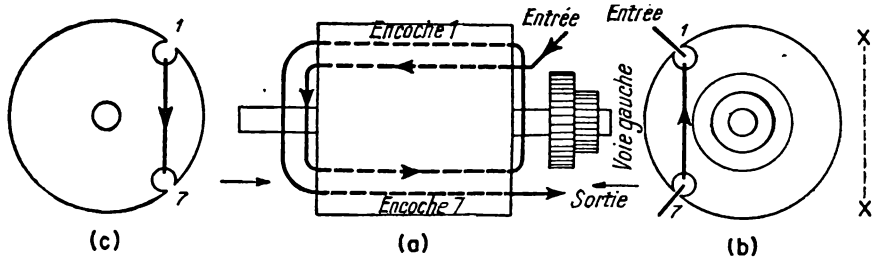


FIG. 45. — Bobinage à main, sections à pas à gauche, bobinées en sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre. Sorties du côté collecteur. Voir figure 43 (*e*) et (*b*).

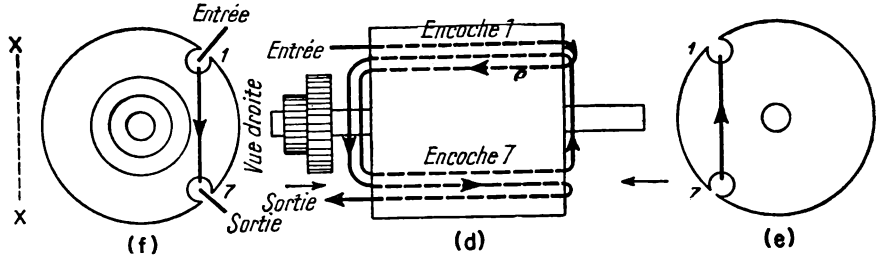


FIG. 46. — Bobinage à main, avec conducteurs sortis côté opposé au collecteur, bobiné en sens inverse des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre, donc sections à pas à droite. Voir figure 44 (*f*). Utilisez les tables 12 à 22.

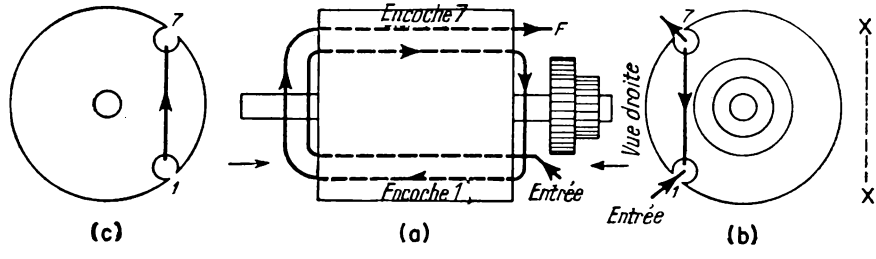


FIG. 47. — Bobinage à main, sections à pas à droite, bobinées dans le sens des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre. Conducteurs côté collecteur. Voir figures 41 (*b*) et (*f*).

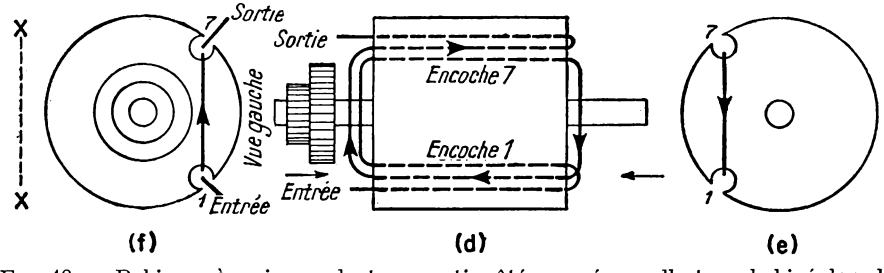


FIG. 48. — Bobinage à main, conducteurs sortis côté opposé au collecteur, bobiné dans le sens des aiguilles d'une montre au-dessus de l'arbre, donc sections à pas à gauche. Voir figure 42 (*e*). Utilisez les tables 12 à 22.

côté droit de l'arbre, ce qui se traduit par un bobinage avec section à gauche, comme sur les figures 43 B et 43 E.

Sorties à l'opposé du collecteur, sections à pas à droite. — Sur la figure 44, le collecteur a été disposé à gauche et l'induit a été bobiné comme sur la figure 43. En faisant alors passer toutes les sorties au sommet des encoches pour les ramener du côté du collecteur, on obtient le bobinage à pas à droite de la figure 44 F.

Bobinage à la main, sections à pas à gauche. — Sur la figure 45, avec le collecteur disposé à droite et le fil bobiné sur l'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, en commençant par l'encoche 1 à droite (figure 45 B), on obtient un bobinage avec sections à pas à gauche comparable à celui de la figure 43 E.

Bobinage à la main avec sorties à l'opposé du collecteur, sections à pas à droite. — Sur la figure 46, le collecteur a été disposé du côté gauche, en même temps que l'on réalisait le même bobinage que sur la figure 45. En faisant alors passer toutes les sorties au sommet des encoches pour les ramener du côté du collecteur, on obtient le bobinage à pas à droite de la figure 46 F, comparable à celui de la figure 44 F. ,

Bobinage à la main avec sections à pas à droite. — Sur la figure 47, le collecteur a été disposé à droite et le fil bobiné dans le sens des aiguilles d'une montre, en commençant par l'encoche 1 à gauche, figure 47 B; on obtient le bobinage à pas à droite de la figure 47 B, comparable à celui de la figure 41 F.

Bobinage à la main, avec sorties à l'opposé du collecteur, sections à pas à gauche. — Sur la figure 48, le collecteur a été disposé à gauche et l'induit a été bobiné comme sur la figure 47. En faisant alors passer toutes les sorties au sommet des encoches pour les ramener du côté du collecteur, on obtient le bobinage à pas à gauche de la figure 48 F, comparable à celui de la figure 42 E.

Ainsi, les croquis de bobinage d'induit montrent tous les types de bobinages en « boucles ». Ces règles peuvent s'appliquer aux induits de moteurs à 4, 6 ou 8 pôles, etc.

Déplacement de l'induit en passant d'une encoche à l'autre. — Pour chaque type de bobinage, il existe un sens de déplacement de l'induit d'une encoche à l'autre qui assure une position meilleure pour les conducteurs formant le chignon.

TABLES POUR BOBINAGE A CONDUCTEURS EN « BOUCLE »

Les tables numérotées 1 à 11 du chapitre VI ont été établies pour être utilisées dans les bobinages en « boucles » représentés sur les figures 33 à 40, aussi bien dans le cas du bobinage au tour que dans celui du bobinage à la main. Le numérotage des encoches et des bobines doit être effectué de telle sorte qu'il soit fonction de l'extrémité de l'induit prise comme origine, aussi bien dans la distribution que dans l'utilisation des numéros attribués.

Dans tous les cas, il est bon de considérer l'encoche 1 comme celle dans laquelle on dispose le premier conducteur. On donne alors les autres numéros à la suite, 1, 2, 3, etc., jusqu'au moment où toutes les encoches ont leur numéro. Par exemple, sur la figure 33 B, le numérotage des encoches se fait dans le sens des aiguilles d'une montre, et, sur les tables 1 à 11, le numérotage des sections pour bobinage en sens inverse des aiguilles d'une montre serait dans le sens des aiguilles d'une montre.

Pour la figure 34 B, le numérotage des encoches et des sections serait le même que pour la figure 33 B, mais en utilisant la figure 34 F, dont les sorties se trouvent du côté du collecteur, il faudrait numéroter les encoches dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, et non dans le sens des aiguilles d'une montre, de même que les sections, tandis que l'induit serait déplacé dans le sens des aiguilles d'une montre.

Pour les figures 35 B et 36 B, le numérotage des encoches est en sens inverse des aiguilles d'une montre, ainsi que celui des sections. Avec des sorties à l'opposé du collecteur (figure 36 F), le numérotage change, comme expliqué pour les figures 34 B et 34 F.

Pour les figures 37 B, les encoches sont numérotées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et les sections dans le sens des aiguilles d'une montre. Sur la figure 38 F, le numérotage serait dans le sens des aiguilles d'une montre aussi bien pour les encoches que pour les sections.

Sur la figure 39 B, les encoches et les sections sont numérotées dans le sens des aiguilles d'une montre. Sur la figure 40 F, elles sont numérotées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Un examen des tables 11 à 22 et des figures 33 à 48 facilitera l'utilisation des numéros d'encoches et de section, en même temps que leur numérotation sera rendue plus facile.

TABLES POUR LES BOBINAGES EN BOUCLE

Les tables 11 à 22 inclus peuvent être utilisées pour les bobinages en « boucle » dont les conducteurs sont sortis à chaque encoche ainsi que pour les bobinages représentés sur les figures 41 à 48, en numérotant judicieusement les encoches et les sections. Par exemple, dans le cas d'un bobinage à pas à droite passant à gauche de l'arbre, les encoches sont numérotées dans le sens des aiguilles d'une montre et les sections en sens inverse des aiguilles d'une montre du côté des conducteurs, comme sur la figure 41.

Pour un bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur et passant à gauche de l'arbre (figure 42), la numérotation serait la même que pour la figure 41, mais en considérant l'autre extrémité de l'induit, comme sur la figure 42 B. Considérant alors le côté sortie des conducteurs, après les avoir ramenés du côté collecteur, figure 42 E, le numérotage des encoches devient sens inverse des aiguilles d'une montre et le numérotage des sections sens des aiguilles d'une montre.

Pour un bobinage avec pas à gauche passant à droite de l'arbre (figure 43 B), le numérotage serait en sens inverse des aiguilles d'une montre pour les encoches et dans le sens des aiguilles d'une montre pour les sections. Dans le cas de sorties à l'opposé du collecteur (figure 44), la relation donnée pour les figures 41 et 42 reste valable.

Dans le cas de bobinage à main, figure 45, il faut utiliser le même numérotage que sur la figure 43 B; si les sorties se font à l'opposé du collecteur, figure 46, utilisez le numérotage de la figure 44 F. Dans ce cas, le numérotage de la figure 47 se ferait avec celui de la figure 41, et celui de la figure 48 avec celui de la figure 42 E.

Pour tous les enroulements des figures 41 à 48, l'induit doit être déplacé dans le sens des aiguilles d'une montre.

CHAPITRE V

CONDUCTEURS SORTIS A L'OPPOSÉ DU COLLECTEUR ET BOBINAGE A LA MACHINE

Le bobinage décrit sous le nom de « bobinage en boucle à la machine » est utilisé dans la fabrication en grande série sur machines rapides, du type représenté sur la figure 49, qui guident le fil automatiquement dans les encoches pour la formation du chignon. Ce type de bobinage constitue une partie importante du travail de rebobinage, quand on doit réparer un grand nombre d'induits du même type. Une étude soigneuse des principes qui régissent ce mode de bobinage est utile, car elle permet de le reconnaître et de le remplacer par un bobinage à la main ou au tour plus simple et de faible volume.

Caractéristiques générales des bobinages en boucle à la machine. — La caractéristique essentielle de ce type de bobinage est l'utilisation d'un seul fil, quelles que soient les combinaisons d'encoches et de lames du collecteur. Il en résulte que le fil n'est jamais coupé du début à la fin du bobinage.

Ce bobinage au moyen d'un seul fil jamais sectionné est à l'origine de la dénomination « en boucle ». A la fin d'une section et au début de la suivante, le fil forme une « boucle » et il y a autant de sections simples et de boucles de fil qu'il y a de lames au collecteur.

Toutes ces boucles forment un faisceau de conducteurs, et chaque boucle comporte un fil d'entrée et un fil de sortie. Elles ne sont pas coupées, mais elles sont raccordées au collecteur dans l'ordre convenable des sections.

La machine standard à bobiner les induits forme toutes les sections du *côté gauche de l'arbre,* comme on peut le voir sur la figure 51. Dans une fabrication en série, le bobinage est effectué avant que le collecteur ne soit emmanché à la presse sur

l'arbre d'induit, bien qu'il soit possible d'effectuer un bobinage avec le collecteur en place.

Le bobinage en boucle peut être utilisé pour tout induit bipolaire à enroulement imbriqué, quel que soit son nombre d'encoches. Les conducteurs sont reliés au collecteur suivant la position des balais, qui peut être quelconque.

Les conducteurs d'entrée et de sortie, ou boucles, sortent de l'extrémité des encoches et forment un bobinage à gauche, mais

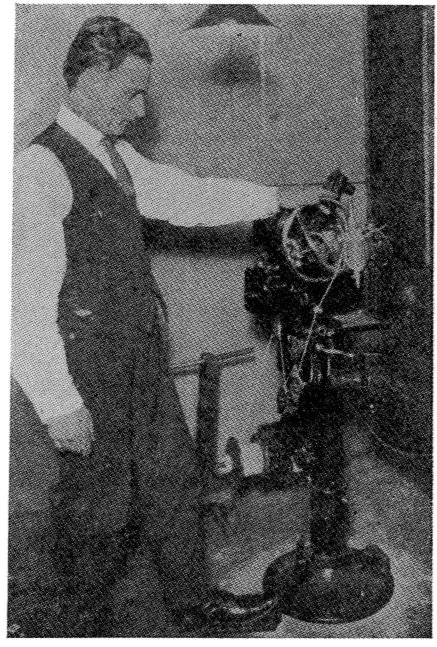


FIG. 49. — Machine à bobiner à moteur, particulièrement pratique dans l'exécution des induits à grand nombre de spires.

Elle est livrée avec un jeu de supports d'induits, qui permettent d'utiliser cette machine dans un grand nombre de cas. Sur la photographie, l'opérateur a arrêté la machine avec une section à demi-bobinée. On peut voir le compteur de spires juste au-dessus de la main gauche de l'opérateur. Le moteur d'entraînement est réglé au moyen d'une pédale. Le volant sert de frein et il est commode pour la réalisation des dernières spires.

on peut décaler les conducteurs lors de la mise sur l'induit, à gauche ou à droite, et les relier conformément à la figure 50. Il existe quatre méthodes d'effectuer un bobinage en boucle. Les deux premières consistent à utiliser une machine à bobiner standard (figure 49) qui effectue le bobinage sur le côté gauche de l'arbre. Les deux autres consistent à utiliser, mais elles sont

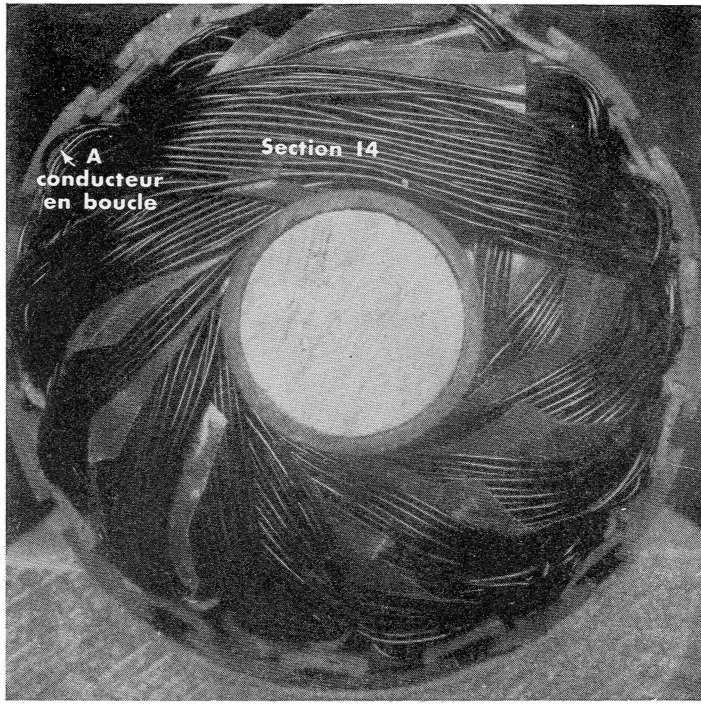


FIG. 50. — Conducteurs sortis du côté opposé au collecteur. Bobinage machine, sections à pas à gauche, bobinées à gauche de l'arbre. La dernière section, n° 14, est visible en totalité.

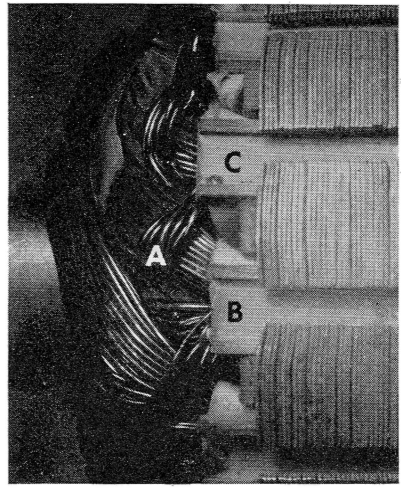


FIG. 51. — Les boucles formées par les conducteurs d'amenée de courant A avancent d'une encoche, puisque les conducteurs A, des sections de l'encoche B traversent l'induit vers le collecteur dans l'encoche C.

plus lentes, un tour ou le bobinage à la main, dans lesquelles le fil est guidé à la main, les sections passant à droite de l'arbre. Ces diverses méthodes ont été traitées et illustrées au chapitre IV, par les figures 33 à 48. Dans chaque méthode, le mode de déplacement de l'induit après chaque section, ou après chaque encoche se traduit par la formation de deux sections moyennes, à la fin de la première moitié et au début de la seconde, bobinées soit de la base au sommet, soit du sommet à la base.

Ce chapitre et les chapitres VI à VIII traiteront de ces quatre méthodes de bobinage. Nous traiterons également du bobinage avec sorties du côté opposé au collecteur, car ce type de bobinage comporte un certain nombre de propriétés essentielles qui permettent son application au rebobinage des induits ou rotors de 2 à 8 pôles, courant alternatif ou continu.

Bobinage en boucle avec sorties à l'opposé du collecteur. — La figure 50 représente un induit bobiné à la machine automatique avec sorties du côté opposé au collecteur. Ce bobinage a été réalisé avec les sections passant à gauche de l'arbre, ce qui donne un pas à droite aux sections, et l'induit était déplacé en sens inverse des aiguilles d'une montre en passant d'une encoche

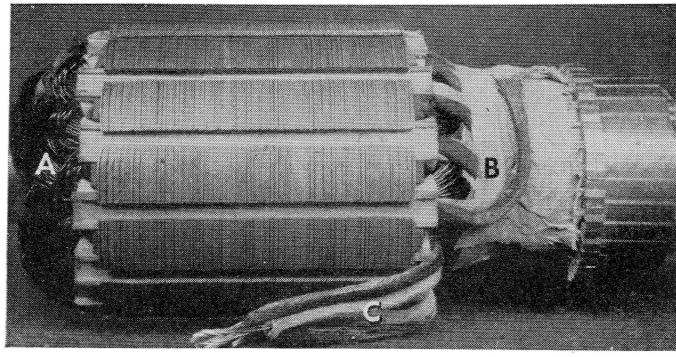


FIG. 52. — Boucles A du côté opposé au collecteur. Les conducteurs C sont ramenés au collecteur en B en passant au sommet des encoches.

à l'autre. L'induit comporte 14 encoches, 28 lames au collecteur, le pas étant encoche 1, encoche 7. Les sorties ont été ramenées du côté du collecteur en passant au sommet d'une encoche, comme on peut le voir sur la figure 51, photographie à grande échelle de l'extrémité du bobinage.

La vue de profil, figure 52, montre comment les conducteurs

sont passés au sommet de chaque encoche du côté opposé au collecteur à ce dernier.

Dans la figure 53, en C, on voit les conducteurs du côté où ils se trouvaient en fin de bobinage. En B, on voit ceux qui, par le sommet d'une encoche, ont été ramenés du côté collecteur. En A on voit la boucle triple. Notez que les trois extrémités ne sont

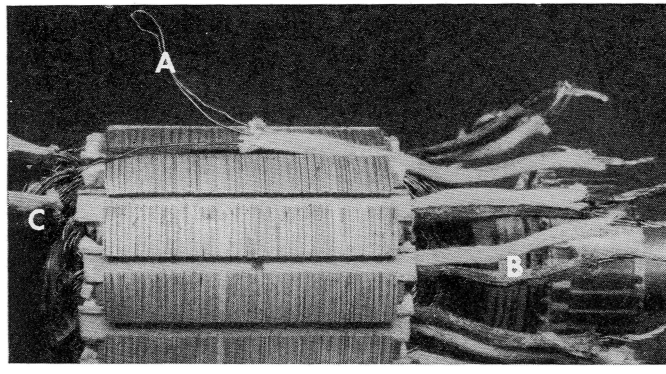


FIG. 53. — Boucles C du côté opposé au collecteur. Elles reviennent côté collecteur en B après avoir sauté trois encoches. En A, on voit une boucle à 4 conducteurs.

pas soudées ensemble. Ce mode de réalisation sera expliqué par la suite.

Sur la figure 54 on voit les conducteurs à l'opposé du collecteur dans un bobinage avec sorties à l'opposé.

On peut définir le bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur comme celui dans lequel les entrées et sorties de section se font du côté où ne se trouve pas le collecteur, ce qui oblige, avant la mise en place des cales d'encoches, à traverser l'induit en longueur, au sommet des encoches, avec les sorties et entrées de section, cette traversée se faisant de façon à simplifier la mise au collecteur. Les figures 32, 36, 38, 40, 42, 44, 46 et 48 montrent (chapitre IV) huit méthodes de bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur.

Ce mode de bobinage est principalement utilisé avec des fils fins, ou quand on désire avoir le maximum de solidité dans les liaisons collecteur-sections. Sur l'induit représenté sur les figures 50 à 54, il y a quatre conducteurs dans chaque manchon isolant. Ainsi, chaque conducteur est formé d'une sorte de câble souple à quatre torons, ces quatre torons étant torsadés entre eux avant d'être placés dans l'encoche, comme on peut le voir sur

les figures 52 et 53. Cette méthode permet de réaliser une connection mécaniquement solide, mais, à moins que les quatre brins ne soient dénudés et torsadés dans toute la longueur du manchon isolant qui les recouvre, la rupture d'un seul brin peut couper le circuit.

Il est ainsi possible de faire une ou deux boucles avec les sorties de section, ce qui permet de relier au collecteur par un câble solide et flexible, puisque tous les conducteurs proviennent du côté opposé au collecteur et qu'ils passent au sommet des encoches sous forme d'une solide torsade. Le bobinage avec sorties

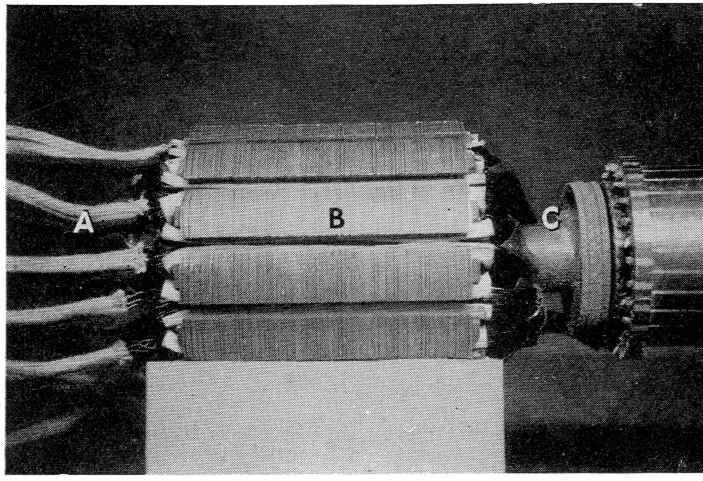


FIG. 54. — Boucles A du côté opposé au collecteur par rapport à l'induit B ; elles passeront du côté collecteur C dans le sommet des encoches.

du côté opposé au collecteur présente deux avantages principaux : (1) résistance à la rupture des mises au collecteur; (2) tous les conducteurs allant au collecteur sortent du sommet des encoches. Mais une boucle simple ajoute un fil complémentaire dans l'encoche par lame de collecteur, et une boucle double ajoute trois fils supplémentaires par lame. Ainsi, l'induit des figures 50 à 54, comportant 28 lames et 14 encoches, a six fils supplémentaires par encoche.

Le bobinage avec sortie du côté opposé au collecteur inverse également le sens du bobinage des sections. Par exemple, sur la figure 50, la vue arrière, avec sorties en A montre une section avec pas à gauche, mais une fois que les sorties ont été ramenées au collecteur, comme sur la figure 52, en regardant le bobinage

du côté collecteur, on voit que la section devient une section à pas à droite. On voit ainsi que, d'après cette caractéristique, l'on peut reconnaître, dans les bobinages avec sortie opposée au collecteur, le sens du bobinage des sections.

On peut utiliser des boucles simples aussi bien dans le cas de sorties du côté du collecteur que dans le cas de sorties à l'opposé du collecteur. La figure 55 montre comment on réalise une boucle simple. A l'extrémité de l'enroulement d'une section marquée « Fin », on exécute une boucle A. Le fil est plié en laissant une longueur suffisante pour faire la mise au collecteur, puis on fait un second pli en B. Ce second brin de boucle de B à A ayant la même longueur que de A à B, la boucle ABC servira de mise au collecteur, l'extrémité C libre étant utilisée pour commencer la section suivante. Un morceau de gaine coton est disposé sur cette

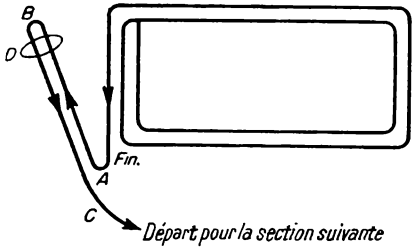


FIG. 55. — Boucle simple à la fin d'une section. Un coude en A forme le premier brin AB de la boucle ; un second coude en B forme le second brin BC. Les deux conducteurs dans le cercle D sont gaînés et forment une mise au collecteur, dont la longueur de B à CA doit être convenable.

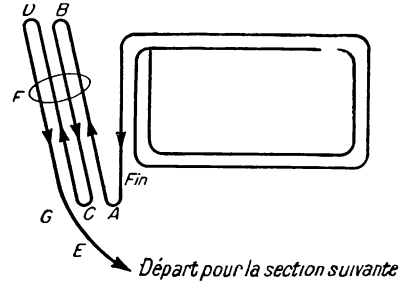


FIG. 56. — Boucle double, ou à quatre conducteurs. Première boucle, de A à B, seconde de B à C, troisième de C à D et dernière de D à G. Les quatre conducteurs compris dans le cercle F forment une mise au collecteur. Avant de gainer, on fait passer le conducteur allant à la section suivante E dans la boucle C pour l'ancrer au bobinage.

boucle de B en A. Ainsi, une boucle simple comporte deux fils dont le « pli » ira au collecteur.

La boucle double comporte deux boucles simples, donc quatre fils, comme le montre la figure 56, sur laquelle le premier brin est plié en A, la longueur AB étant convenable. Le second brin va de B en C. Un troisième brin va de C en D, le quatrième fil allant de D en E. La boucle double a donc la forme d'un W inversé avec le pli C au sommet.

Ancrage des boucles dans le bobinage standard à boucles. — Les boucles formées peuvent être ancrées de la façon suivante :

dans le cas de boucles simples (figure 55), faire un ou plusieurs tours autour de la boucle A. Pour une boucle double (figure 56), *avant* de mettre la gaine coton sur B et D, faire deux ou plus de deux tours autour de la boucle C, au moyen du fil G, et un tour autour de A; on peut alors disposer la gaine sur les boucles B et D jusqu'en A.

Avantages et inconvénients du bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur. — L'avantage principal du bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur, qu'il soit à boucle simple ou double, est qu'il donne une plus grande résistance aux liaisons au collecteur quand on bobine en fil fin. Il permet également de faire toutes les sorties de bobinage au sommet des encoches, ce qui donne une liaison au collecteur nette et uniforme, tout en diminuant le volume du chignon côté collecteur. On peut obtenir un câble souple à deux ou quatre brins torsadés dont la naissance se situe près des tôles d'induit, côté opposé au collecteur.

Les inconvénients principaux sont les suivants : (1) il oblige à passer un plus grand nombre de fils par encoches, soit un fil supplémentaire par lame de collecteur dans le cas de boucle simple, et trois fils supplémentaires dans le cas de boucle double. Ainsi, quand on a deux ou trois fois plus de lames au collecteur que d'encoches, il y a deux ou trois fils supplémentaires dans le cas de boucle simple, et de six à neuf dans le cas de boucles doubles; (2) il nécessite une plus grande longueur de fil de cuivre, car chaque liaison collecteur-section doit être assez longue pour traverser l'induit; (3) dans le cas de bobinages en fil fin, la résistance de l'induit est augmentée; (4) il n'est pas possible de disposer les cales d'encoches avant d'avoir totalement bobiné l'induit; (5) les croisements de fils à l'arrière de l'induit sont d'un isolement délicat et sont une source de court-circuits potentiels, car toutes les liaisons croisent tous les fils de section.

On voit qu'il faut considérer ce mode de bobinage avec soin avant de l'adopter comme mode général, et il faut relever les données de rebobinage avec le plus grand soin.

Le bobinage en boucle en général. — Comme nous l'avons précédemment mentionné dans le chapitre IV, et conformément aux figures 33 à 48, il existe quatre méthodes de réalisation du bobinage en boucle standard. Ce sont : (1) le bobinage avec section à pas à droite, exécuté à la machine — les sections sont alors bobinées en passant à gauche de l'arbre, et l'induit est déplacé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre; (2) le bobi-

nage avec sections à pas à gauche, exécuté à la machine — les sections sont alors bobinées en passant à gauche de l'arbre, et l'induit est déplacé dans le sens des aiguilles d'une montre; (3) le bobinage au tour avec sections à pas à droite — les sections passent à droite de l'arbre et l'induit est déplacé en sens inverse des aiguilles d'une montre; (4) le bobinage au tour avec sections à pas à droite — les sections passent à droite de l'arbre et l'induit est déplacé dans le sens des aiguilles d'une montre. Les deux premiers et les deux derniers modes de bobinage peuvent être également exécutés en laissant l'induit fixe et en guidant le fil à la main.

Ces quatre types d'enroulement sont tous à boucle et sont exécutés en partant d'un fil simple, les sections obtenues n'ont par suite qu'un seul fil.

Quand il y a deux, trois, etc., fois plus de lames au collecteur que d'encoches, on bobine deux, trois, etc., sections dans deux encoches sans tenir compte d'un éventuel décalage, avant de déplacer l'induit pour bobiner les encoches suivantes.

Boucles de liaison au collecteur. — Nous montrerons en premier lieu comment on exécute les boucles de mise au collecteur à la fin et au début de chaque section simple.

La figure 57 montre comment les boucles sont exécutées quand il n'y a qu'une section par encoche, ou quand l'induit a le même nombre d'encoches qu'il y a de lames au collecteur. Pour commencer la section 1, le fil simple (1) est amené dans l'encoche 1, puis on fait le nombre de spires voulu dans les encoches 1 et 7. A la fin de la section, on fait une boucle (2) au voisinage de l'encoche 2 et on commence la section 2, bobinée dans les encoches 2 et 8. A la fin de la section 2, on fait une autre boucle (3) pour commencer la section 3.

Ainsi, on voit sur la figure 57 qu'en partant du fil S1 on se dirige vers la section 1 qui se termine sur le fil F1 avant d'aller à la boucle 2 qui mène à son tour vers le fil S2, début de la section 2 bobinée dans les encoches 2 et 8; cette section se termine à son tour sur F2 qui conduit à la boucle 3, etc.; on obtient ainsi un circuit continu.

La figure 58 montre comment exécuter le bobinage quand il y a deux sections par encoche, ou quand l'armature d'induit comporte deux fois moins d'encoches que le collecteur ne comporte de lames. La première section simple débute sur le conducteur S1, conducteur court; elle est alors bobinée dans les encoches 1 et 7, suivant le trait plein. Le conducteur qui termine cette

section F1 est sorti sous forme de conducteur long et l'on forme la boucle 2; la section 2 est alors bobinée dans les mêmes encoches 1 et 7 (ligne pointillée). A la fin de cette section, le conducteur F2 forme un conducteur court et l'on obtient la boucle 3, courte, qui marque le commencement de la section 3 qui sera bobinée dans les encoches 2 et 8; cette section se termine sur F3, boucle longue 4 et on repart avec S4, début de la section 4 dans les encoches 2 et 8 (ligne pointillée). La section 4 s'achève sur

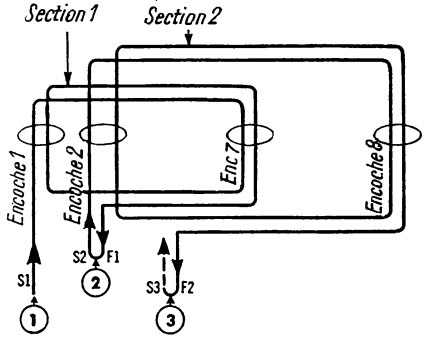


FIG. 57. — Boucles dans le cas d'un même nombre de lames au collecteur que d'encoches dans l'induit.

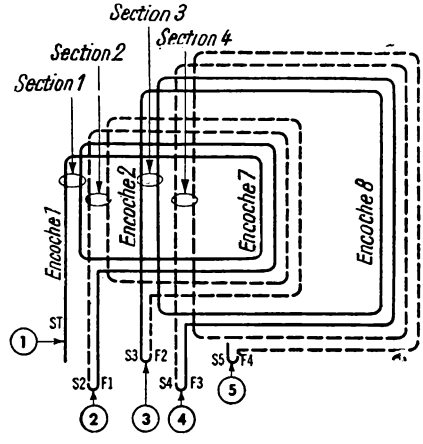


FIG. 58. — Boucles quand il y a deux sections par encoche, soit deux fois plus de lames au collecteur que d'encoches dans l'induit. On peut distinguer les sections par des boucles longues et courtes alternativement : la première section a une boucle courte, soit 1, 3, 5, tandis que la seconde a une boucle longue, soit 2, 4, etc.

la boucle courte F4, la boucle 4 marquant le début de la section 5 dans les encoches 3 et 9.

Ainsi, quand il y a deux ou plus de deux sections par encoches, ces sections sont bobinées successivement avant de déplacer l'induit pour bobiner les sections suivantes dans les encoches suivantes.

Les figures 57 et 58 montrent comment le fil simple utilisé forme un circuit continu pour former le fil d'entrée et de sortie de chaque section simple.

Passage des boucles au sommet des encoches. — Dans le cas des quatre enroulements standard à boucle, que ce soit un bobinage automatique à la machine, ou un bobinage au tour, les bou-

cles de liaison au collecteur des diverses sections doivent être repassées au sommet des encoches, comme le montre la figure 52. De cette manière, il est possible d'utiliser les boucles en liaison directes au collecteur sans avoir à les couper. Par suite, pour utiliser au maximum les avantages de ce mode de bobinage, les sections doivent être bobinées l'une après l'autre, dans l'ordre voulu, les boucles étant disposées au *sommet* de chaque encoche.

L'identification des boucles pendant le bobinage peut se faire de la façon suivante :

1° Quand il y a une section par encoche, chaque boucle est formée par un fil de début de section et un fil de sortie de section. Par suite, on peut utiliser des gaines de coton de couleur uniforme, chaque conducteur sortant du même côté de l'encoche, soit à droite, soit à gauche. Pour des bobinages de 110 volts ou moins, on peut ne pas mettre de gaine de coton, mais dans le cas de tension plus élevée, il faut disposer une gaine sur chaque boucle.

2° Quand il y a deux sections par encoche, on peut utiliser une boucle longue et une boucle courte comme le montre la figure 58. Par exemple, la boucle de la première section peut être une boucle courte, et la boucle de la seconde section bobinée dans la même encoche peut être une boucle longue. Pour les tensions supérieures à 110 volts, il est préférable d'utiliser des gaines de deux couleurs, par exemple une gaine blanche pour les boucles courtes et une gaine rouge ou noire pour les boucles longues; les blanches correspondent à la première section bobinée dans une encoche, les secondes à la seconde section bobinée dans la même encoche, comme le montrent les figures 52 à 54.

3° Quand il y a trois ou plus de trois sections par encoche, faites toutes les boucles de la même longueur, mais mettez sur la première une gaine blanche, une gaine rouge sur la seconde et une gaine noire sur la troisième, etc. Autrement dit, utilisez autant de couleurs différentes qu'il y a de sections dans la même encoche, et utilisez-les toujours dans le même ordre.

Le chapitre VI traitera de la manière de bobiner à la machine automatique les induits avec sections à pas à gauche, à boucle, avec deux sections simples par encoche, les sections passant à gauche de l'arbre, l'armature d'induit étant déplacée en sens inverse des aiguilles d'une montre; il donnera tous les détails nécessaires, avec l'aide de photographies, de tables, de schémas, pour exécuter les bobinages représentés sur les figures 50 à 58 de ce chapitre.

CHAPITRE VI

BOBINAGE EN BOUCLE A LA MACHINE

Le chapitre V était une introduction pour l'emploi des sorties à l'opposé du collecteur et des machines automatiques à bobiner en boucle. Ce chapitre traitera en détail des règles à observer pour la mise en place des sections dans le bobinage à la machine avec sorties à l'opposé du collecteur, les sections ayant un pas à gauche; les sections passeront à gauche de l'arbre; l'armature de l'induit sera déplacée en sens inverse des aiguilles d'une montre; induit à 14 encoches, 28 lames au collecteur, 2 sections par encoche, de 1 à 7, conformément à la table 3.

Nous donnerons deux séries de tables, identiques aux tables 11 à 22 et deux séries de schémas de bobinage pour traiter complètement des induits déplacés dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et dans le sens des aiguilles d'une montre. Les photographies et les tables ne s'appliquent qu'aux induits déplacés en sens inverse des aiguilles d'une montre, car ce mode de bobinage est le meilleur des deux et c'est celui qui est généralement utilisé dans les fabrications en série. Nous ne donnerons que six schémas de bobinage pour déplacement de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre car ils seront suffisants pour montrer les inconvénients de ce mode de bobinage par rapport à celui dans lequel on déplace l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre.

Bobinage en boucle à la machine, sections à pas à gauche, passant à gauche de l'arbre, avec déplacement de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. — Cet enroulement est généralement exécuté au moyen d'une machine automatique (fig. 49), telle que celle que construit la « Chapman Electric Company », de Saint-Louis, Mo., U. S. A. Cette machine serre l'induit de telle sorte qu'elle guide le fil aussi bien à l'entrée des deux encoches que lors du passage aux extrémités de l'induit, les sections passant à gauche de l'arbre, comme on peut le voir sur les

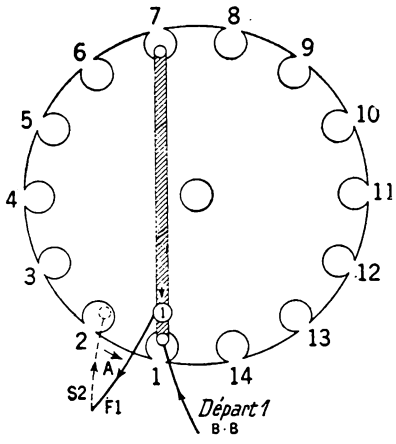


FIG. 59. — La section 1 débute dans l'encoche 1, et elle est bobinée de base à base dans l'encoche 7, du côté gauche de l'arbre. L'induit est décalé en sens inverse des aiguilles d'une montre pour commencer la section 2 (flèche A). Les boucles de conducteurs sont disposées à droite de toutes les encoches. Voir table 3 et figures 33 et 60.

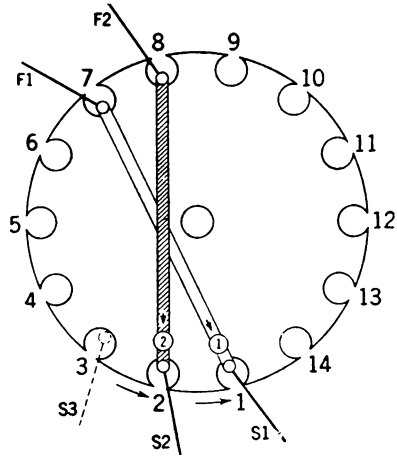


FIG. 62. — La section 2 est bobinée de base à base dans les encoches 2 et 8, après décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre en partant de l'encoche 1, section 1.

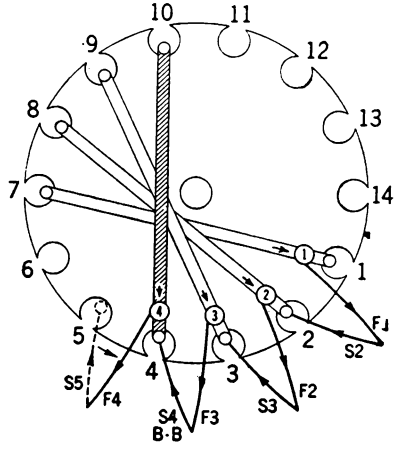


FIG. 64. — Les sections 3 et 4 ont été bobinées de base à base dans les encoches 3 à 8 et 4 à 10. Notez que les encoches 5 et 6 recevront les deux dernières sections de base à base.

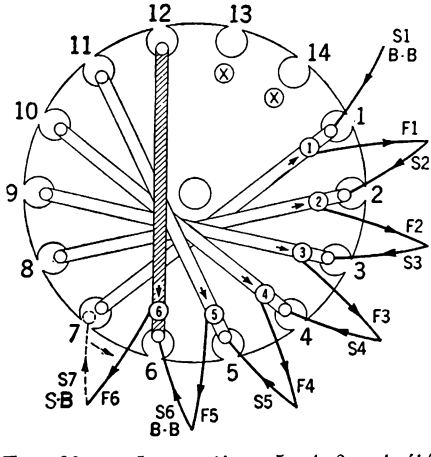


FIG. 66. — Les sections 5 et 6 ont été bobinées de base à base dans les encoches 5 à 11 et 6 à 12, et les deux encoches vides (+) indiquent « fin de la première et début de la seconde moitié » de n'importe quel bobinage imbriqué. Les deux sections suivantes seront bobinées avec un décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre de sommet à base.

figures 33 et 59. Cette machine comporte également un appareil particulier qui forme et torsade les boucles de sortie de section.

Bien que les tables 1 à 11 soient faites pour des armatures d'induit de 10 à 30 encoches, de deux en deux, avec un pas inférieur d'une unité au pas entier pour des moteurs bipolaires, cet enroulement peut s'appliquer à n'importe quel moteur bipolaire, quel que soit son nombre d'encoches, et que son pas soit quelconque, jusqu'au pas diamétral. Toutefois, les combinaisons des tables 1 à 11 sont celles qui donnent les meilleures caractéristiques mécaniques.

Les tables 1 à 11 sont toutes divisées individuellement en trois tranches horizontales pour respecter les trois états caractéristiques de ce mode de bobinage, à savoir : (1) sections bobinées du bas d'une encoche au bas d'une autre; (2) deux sections moyennes bobinées du sommet d'une encoche au bas d'une autre et (3) la section finale va du sommet d'une encoche au sommet d'une autre. Les règles de bobinage, etc., seront mentionnées au fur et à mesure de la progression du bobinage.

Commencement du bobinage. — L'armature d'induit utilisée pour illustrer ce mode de bobinage comporte 14 encoches, et le collecteur a 28 lames; le pas est 1 à 7, et il y a deux sections par encoche. Toutefois, pour simplifier les schémas de bobinage nous ne représenterons qu'une section par encoche, en supposant qu'il n'y a que 14 lames au collecteur, le pas étant de 1 à 7; chaque section comporte 27 spires de fil émaillé de 0,9 mm de diamètre (fil Formex n° 19).

La figure 59 montre le début de la section 1 dans l'encoche 1, section bobinée de la base de l'encoche 1 à la base de l'encoche 7. Le début, S1 est un fil simple, pour faire des boucles simples, et un fil double si l'on désire faire des boucles doubles.

Remarquez que les conducteurs sont sortis de la moitié supérieure du circuit magnétique, ce qui, dans ce cas, signifie que les conducteurs de liaison au collecteur sortent du sommet de l'encoche la plus proche de l'opérateur, comme on peut le voir sur la figure 59. Cette position relative des encoches et des fils de liaison au collecteur est importante, et doit être respectée.

Après avoir exécuté le nombre de spires voulues (27), on fait tourner la tête de bobinage (support d'induit) dans le sens des aiguilles d'une montre, dans le sens de la flèche B, figure 59, le fil de sortie F1 est obtenu par pliage en boucle simple ou double, suivant les détails donnés dans le chapitre IV, figure 60 A et B.

La figure 60 montre la première section simple bobinée avec

sa boucle à l'opposé du côté du collecteur en A. Le fil de départ de cette section simple a été recouvert d'une gaine de coton blan-

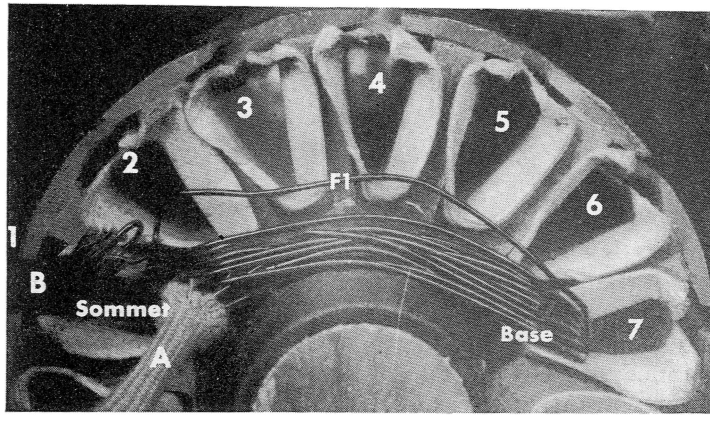


FIG. 60. — Vue arrière (côté opposé au collecteur) d'un bobinage avec sorties côté opposé au collecteur, sections à pas à gauche. Les sections sont bobinées à gauche de l'arbre, et l'induit décalé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. La première section est bobinée de base à base dans les encoches 1 à 7. A est le début du conducteur S_1, dans une gaine blanche. B est le conducteur de sortie F_1 et S_2. Il en résulte que la seconde gaine contient un conducteur double ; cette seconde gaine est rouge. Voir figure 59.

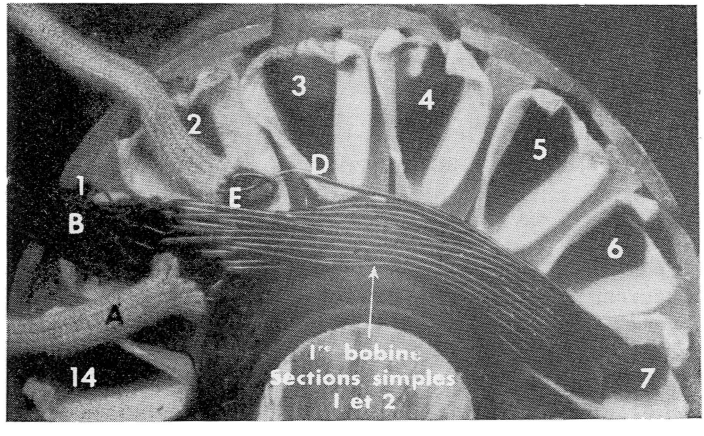


FIG. 61. — La fin de la seconde section simple forme la première bobine (fig. 59). La boucle double C est faite avant de commencer la bobine 2, dans les encoches 2 à 8. Les conducteurs A et B sont comparables à ceux de la figure 60.

che; on fait alors en B une boucle double en disposant quatre fils dans une gaîne de coton rouge. Cette boucle B se compose ainsi

du fil F1 venant de la section 1 et du fil S2 par lequel commence la section 2.

Il faut alors bobiner dans les encoches 1 et 7 (marquées section 1 sur la figure 59), toutes les spires voulues. Dans cette série, le schéma de bobinage, figure 59, etc., n'indique qu'une section simple, alors que le bobinage réel en comporte deux, comme on peut le voir sur les photographies. Ainsi, les schémas de bobinage indiqueront les étapes importantes du rebobinage et les décalages

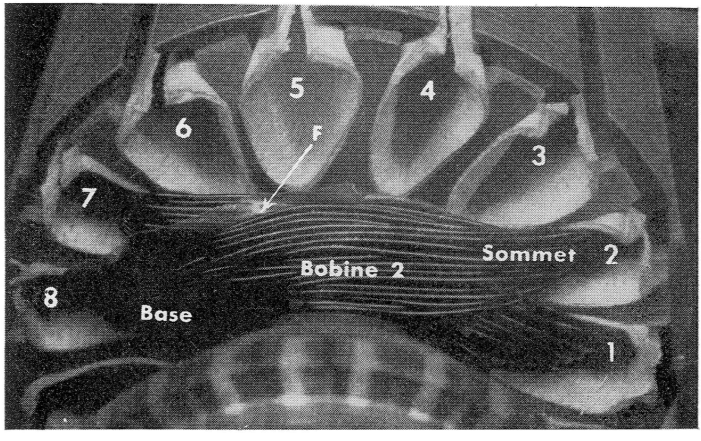


FIG. 63. — Côté collecteur d'un bobinage avec sorties du côté opposé au collecteur, après mise en place de quatre sections, soit deux bobines (fig. 62). La bobine à pas à gauche de la figure 62 se trouve à pas à droite quand les conducteurs auront été ramenés du côté du collecteur, en passant dans les encoches de l'induit.

d'encoches; on peut les comparer aux photographies qui comportent deux sections simples par encoche, avec les conducteurs sortis du côté opposé au collecteur.

La figure 61 montre la seconde section terminée dans les encoches 1 et 7 en A; les conducteurs S1 sont dans une gaine de coton blanc. En B, les conducteurs F1 et S2 sont dans une gaine de coton rouge, tandis qu'en C les conducteurs en double boucle, formant les amenées F2 et S3, sont dans une gaine de coton blanc. En D on voit le conducteur simple F2, fin de la section simple 2. Remarquez les boucles en E.

Ainsi, les figures 59 à 61 montrent comment les deux sections simples et leurs conducteurs sont réalisées et bobinées, premier stade avant de déplacer l'induit d'une encoche pour remplir ensuite les encoches 2 et 8, stade suivant qui comporte deux ou plus de deux sections.

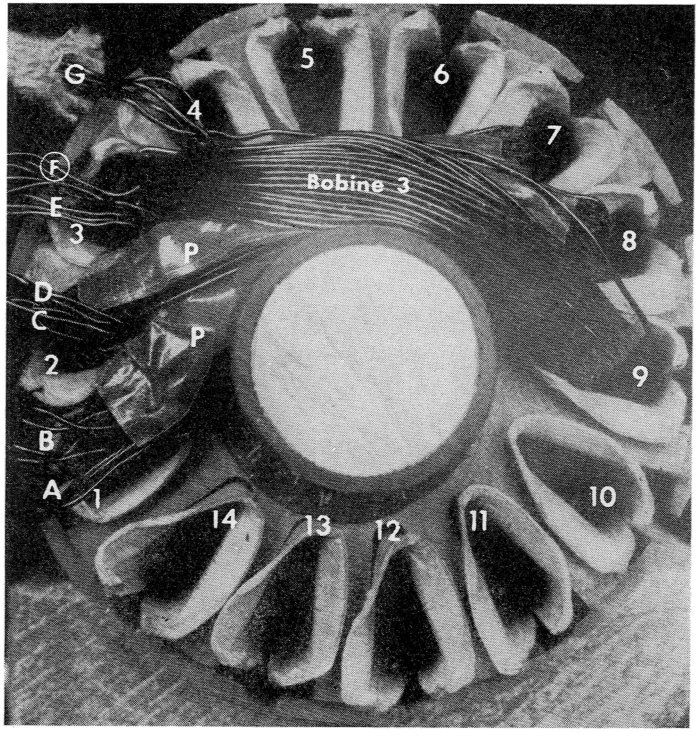


FIG. 65. — Trois bobines, 1, 2, 3, de la figure 64, sont bobinées de base à base. Les conducteurs A à G montrent qu'il y a sept sections simples, c'est-à-dire que G est S_7. En F, remarquez les quatre conducteurs de la boucle double.

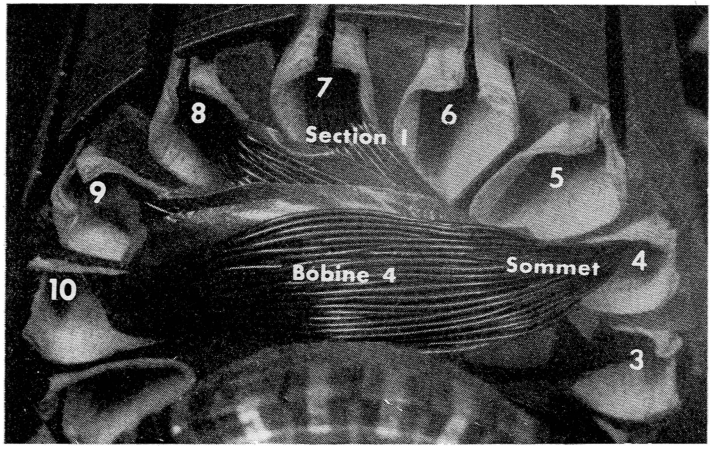


FIG. 65 A. — Quatre bobines 1, 2, 3, 4, des figures 64 et 65, vue côté collecteur dans le cas d'un bobinage avec sorties côté opposé au collecteur.

Remarquez que les conducteurs en boucle A, B, C (fig. 61) doivent passer à droite des encoches 1, 2, etc. Cette position évite les croisements sous les sections qui seront par la suite bobinées dans les sommets des encoches.

Les sections simples 1 et 2, ou groupe 1, sont bobinées de la base d'une encoche à la base d'une autre encoche, comme on peut le voir sur la figure 61. Toutes les photographies ont été prises en débobinant l'induit section après section, cette méthode montrant au mieux la disposition des fins de section, leur forme, etc.

Il est bon d'étudier soigneusement la table 3 et les figures 59 à 61, car elles indiquent les premiers détails importants à respecter lors du début d'un bobinage.

Commencement du second groupe. — Le terme « groupe » ou « groupe de bobinage » (*unit* ou *winding unit*) est utilisé pour désigner une, deux, trois, etc., sections simples, et pour indiquer quand l'induit doit être décalé d'une encoche pour mettre en position de bobinage les deux encoches suivantes indiquées sur la table.

Le schéma de bobinage, figure 62, montre que l'induit a été déplacé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ce qui amène les encoches 2 et 8 sur une ligne perpendiculaire au *côté gauche* de l'arbre A.

Pour commencer la première section simple du groupe 2, le fil simple sortant de la gaine de coton blanc C, figure 61, est dirigé dans l'encoche 2, puis on effectue le nombre de spires voulu dans les encoches 2 et 8, comme le montre la figure 62.

Sur la figure 62, le groupe 2 est bobiné dans les encoches 2 et 8, de la base d'une encoche à la base de l'autre. La figure 63 montre comment un ruban de soie fine, vernie, a été disposé aux deux extrémités de l'armature d'induit entre les groupes 1 et 2. La figure 63 représente deux groupes, sous forme des sections 1 et 2 (table 3), côté collecteur d'un bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur, bobinage de la figure 62. Remarquez le ruban isolant F entre les groupes 1 et 2. Dans le cas de bobinage standard en boucle avec extrémités sorties du côté du collecteur, les sorties des groupes 1 et 2 seraient à la base des encoches 7 et 8, car le collecteur se trouverait à l'extrémité des encoches 7 et 8; dans ce cas, le côté collecteur se trouverait en haut, comme on peut le voir sur tous les schémas de bobinage.

Le troisième schéma de bobinage, figure 64, montre les sections ou groupes 3 et 4 bobinés de la base de l'encoche 3 à la

base de l'encoche 9 et de la base de l'encoche 4 à la base de l'encoche 10, l'induit étant décalé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre après la réalisation de chaque groupe. A ce stade, il y a deux encoches vides, 5 et 6, entre la base de la section 1 et le sommet de la section 4, alors que du côté opposé il y a quatre encoches vides, 11, 12, 13 et 14, entre le sommet de la section 1 et la base de la section 4, ce qui montre qu'il n'y a plus que deux groupes ou plus de deux groupes qui peuvent être bobinés de la base d'une encoche à la base d'une autre.

La figure 65 montre trois groupes ou sections, 1, 2, 3, de la table 3, bobinés de la base d'une encoche à la base d'une autre encoche, de 1 à 7, de 2 à 8, de 3 à 9. Remarquez les sept boucles de conducteurs de mise au collecteur, quatre blanches, ou boucles de départ, et trois rouges, ou de fin. Cependant, comme chaque boucle renferme un conducteur de début et un conducteur de fin de section, nous utilisons les couleurs blanche et rouge pour indiquer le début et la fin d'un groupe.

Sur la figure 65, un conducteur blanc A commence le groupe 1 et un rouge B termine le même groupe. Un conducteur blanc C commence le groupe 2 qui se termine sur un conducteur rouge D. Un conducteur blanc E commence le groupe 3 qui se termine sur le rouge F. Le conducteur blanc restant, G, sera le début du groupe 4, conformément au schéma de bobinage, figure 64.

La figure 66 représente les quatre sections ou groupes, 1, 2, 3 et 4 de la table 3 et les figures 65 et 66, le chignon côté collecteur lors d'un bobinage avec extrémités sorties à l'opposé du collecteur. Remarquez les pièces isolantes P et la forme des sections 4 à leur passage sur l'arbre.

Ainsi, les trois schémas de bobinage, figures 59, 62 et 64, conjointement à la table 3 et aux photographies, figures 60, 61, 63, 65 et 66, montrent comment les quatre premiers groupes, soit huit sections simples, sont mis en place sur l'induit. Le stade suivant, très important, achève la première moitié de l'induit et commence la seconde avec les groupes 5, 6, 7, 8 et 9. Nous le traiterons dans le chapitre VII, en même temps que nous donnerons les schémas qui montrent la différence obtenue dans ce mode de bobinage quand l'induit est décalé dans le sens ou en sens inverse des aiguilles d'une montre.

Le sens de décalage de l'induit a la plus haute importance sur la disposition mécanique des conducteurs de sections, etc. Ainsi, en nous arrêtant quelque temps à ce stade, nous pourrons bien montrer les caractéristiques des bobinages en boucles.

TABLES 1 A 11 (*)

ENROULEMENTS A CONDUCTEURS EN BOUCLES EXÉCUTÉS A LA MACHINE

Pas de section à gauche, sections à gauche de l'arbre, induit décalé dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

TABLE 1

10 encoches, pas de 1 à 5

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 5	Base à Base
2	2 à 6	
3	3 à 7	
4	4 à 8	
5	(5) [1] à 9	Sommet à Base
6	(6) à 10	
7	7 à 1	Sommet à Sommet
8	8 à 2	
9	9 à 3	
10	10 à 4	

TABLE 2

12 encoches, pas de 1 à 6

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 6	Base à Base
2	2 à 7	
3	3 à 8	
4	4 à 9	
5	5 à 10	
6	(6) à 11	Sommet à Base
7	(7) à 12	
8	8 à 1	Sommet à Sommet
9	9 à 2	
10	10 à 3	
11	11 à 4	
12	12 à 5	

(1) Les nombres comme (5) indiquent la première des deux sections bobinées de sommet à base, et les encoches pleines.

TABLE 3

14 encoches, pas de 1 à 7

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 7	Base à Base
2	2 à 8	
3	3 à 9	
4	4 à 10	
5	5 à 11	
6	6 à 12	
7	(7) [2] à 13	Sommet à Base
8	(8) à 14	
9	9 à 1	Sommet à Sommet
10	10 à 2	
11	11 à 3	
12	12 à 4	
13	13 à 5	
14	14 à 6	

(2) Les nombres comme (7). indiquent la première section bobinée de sommet à base et la première encoche remplie.

TABLE 4

16 encoches, pas de 1 à 8

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 8	Base à Base
2	2 à 9	
3	3 à 10	
4	4 à 11	
5	5 à 12	
6	6 à 13	
7	7 à 14	
8	(8) [3] à 15	Sommet à Base
9	(9) à 16	
10	10 à 1	Sommet à Sommet
11	11 à 2	
12	12 à 3	
13	13 à 4	
14	14 à 5	
15	15 à 6	
16	16 à 7	

(3) Les nombres encerclés comme (8) indiquent la première des deux sections bobinées de sommet à base et les encoches pleines.

(*) Ces tables peuvent également être utilisées pour un enroulement à conducteurs en boucles à pas de section à droite, sections à droite de l'arbre, induit décalé dans le sens des aiguilles d'une montre (voir figures 37 à 44), chapitre IV). Les sections numérotées 1, 2, etc., peuvent être des bobines composées de plusieurs sections simples.

ENROULEMENTS A CONDUCTEURS EN BOUCLES EXÉCUTÉS A LA MACHINE *(Suite)*

TABLE 5

18 encoches, pas de 1 à 9

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 9	
2	2 à 10	
3	3 à 11	
4	4 à 12	Base
5	5 à 13	à
6	6 à 14	Base
7	7 à 15	
8	8 à 16	
9	(9) à 17	Sommet
10	(10) à 18	à Base
11	11 à 1	
12	12 à 2	
13	13 à 3	
14	14 à 4	Sommet
15	15 à 5	à
16	16 à 6	Sommet
17	17 à 7	
18	18 à 8	

TABLE 6

20 encoches, pas de 1 à 10

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 10	
2	2 à 11	
3	3 à 12	
4	4 à 13	Base
5	5 à 14	à
6	6 à 15	Base
7	7 à 16	
8	8 à 17	
9	9 à 18	
10	(10) à 19	Sommet
11	(11) à 20	à Base
12	12 à 1	
13	13 à 2	
14	14 à 3	
15	15 à 4	Sommet
16	16 à 5	à
17	17 à 6	Sommet
18	18 à 7	
19	19 à 8	
20	20 à 9	

ENROULEMENTS A CONDUCTEURS EN BOUCLES EXÉCUTÉS A LA MACHINE *(Suite)*

TABLE 7

22 encoches, pas de 1 à 11

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 11	
2	2 à 12	
3	3 à 13	
4	4 à 14	
5	5 à 15	Base
6	6 à 16	à
7	7 à 17	Base
8	8 à 18	
9	9 à 19	
10	10 à 20	
11	(11) à 21	Sommet
12	(12) à 22	à Base
13	13 à 1	
14	14 à 2	
15	15 à 3	
16	16 à 4	
17	17 à 5	Sommet
18	18 à 6	à
19	19 à 7	Sommet
20	20 à 8	
21	21 à 9	
22	22 à 10	

TABLE 8

24 encoches, pas de 1 à 12

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 12	
2	2 à 13	
3	3 à 14	
4	4 à 15	
5	5 à 16	Base
6	6 à 17	à
7	7 à 18	Base
8	8 à 19	
9	9 à 20	
10	10 à 21	
11	11 à 22	
12	(12) à 23	Sommet
13	(13) à 24	à Base
14	14 à 1	
15	15 à 2	
16	16 à 3	
17	17 à 4	
18	18 à 5	Sommet
19	19 à 6	à
20	20 à 7	Sommet
21	21 à 8	
22	22 à 9	
23	23 à 10	
24	24 à 11	

ENROULEMENTS A CONDUCTEURS EN BOUCLES EXÉCUTÉS A LA MACHINE *(Suite)*

TABLE 9

26 encoches, pas de 1 à 13

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 13	
2	2 à 14	
3	3 à 15	
4	4 à 16	
5	5 à 17	Base
6	6 à 18	à
7	7 à 19	Base
8	8 à 20	
9	9 à 21	
10	10 à 22	
11	11 à 23	
12	12 à 24	
13	(13) à 25	Sommet
14	(14) à 26	à Base
15	15 à 1	
16	16 à 2	
17	17 à 3	
18	18 à 4	
19	19 à 5	
20	20 à 6	Sommet
21	21 à 7	à
22	22 à 8	Sommet
23	23 à 9	
24	24 à 10	
25	25 à 11	
26	26 à 12	

TABLE 10

28 encoches, pas de 1 à 14

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 14	
2	2 à 15	
3	3 à 16	
4	4 à 17	
5	5 à 18	
6	6 à 19	Base
7	7 à 20	à
8	8 à 21	Base
9	9 à 22	
10	10 à 23	
11	11 à 24	
12	12 à 25	
13	13 à 26	
14	(14) à 27	Sommet
15	(15) à 28	à Base
16	16 à 1	
17	17 à 2	
18	18 à 3	
19	19 à 4	
20	20 à 5	
21	21 à 6	Sommet
22	22 à 7	à
23	23 à 8	Sommet
24	24 à 9	
25	25 à 10	
26	26 à 11	
27	27 à 12	
28	28 à 13	

ENROULEMENTS A CONDUCTEURS EN BOUCLES EXÉCUTÉS A LA MACHINE *(Suite)*

TABLE 11

30 encoches, pas de 1 à 15

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 15	
2	2 à 16	
3	3 à 17	
4	4 à 18	
5	5 à 19	
6	6 à 20	Base
7	7 à 21	à
8	8 à 22	Base
9	9 à 23	
10	10 à 24	
11	11 à 25	
12	12 à 26	
13	13 à 27	
14	14 à 28	
15	(15) à 29	Sommet
16	(16) à 30	à Base
17	17 à 1	
18	18 à 2	
19	19 à 3	
20	20 à 4	
21	21 à 5	
22	22 à 6	Sommet
23	23 à 7	à
24	24 à 8	Sommet
25	25 à 9	
26	26 à 10	
27	27 à 11	
28	28 à 12	
29	29 à 13	
30	30 à 14	

CHAPITRE VII

BOBINAGE EN BOUCLE A LA MACHINE (*Suite*)

Ce chapitre poursuit la description donnée dans le chapitre VI des bobinages connus sous le nom de bobinage à la machine en boucle, sections à pas à gauche, passant à gauche de l'arbre avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre; il traite de la fin de la première moitié du bobinage et du début de la seconde, ou section moyenne, dans laquelle les sections à mettre en place ne vont plus de la base d'une encoche à la base d'une autre, mais du sommet d'une encoche à la base d'une autre; il traite également de la dernière section, qui va du sommet d'une encoche au sommet d'une autre.

Les bobinages en boucle, qu'ils soient effectués à la machine ou au tour, franchissent trois stades, comme l'indiquent les tables 1 à 11. Ce sont les suivants : (1) un nombre de sections égal au pas, soit six sections de 1 à 7 (ou au pas de 6), est bobiné du fond d'une encoche au fond d'une autre encoche; (2) les deux sections médianes, soit la fin de la première moitié et le début de la seconde, dans le cas d'un décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre, sont bobinées du sommet d'une encoche à la base d'une autre; (3) les dernières sections, dont le nombre est aussi égal au pas, sont bobinées du sommet d'une encoche au sommet d'une autre encoche.

Ces trois règles sont confirmées par l'emploi de la table 3 et des schémas de bobinage, figure 67, ainsi que par les séries de photographies et les autres schémas de bobinage. Une série spéciale de schémas, figures 70 à 72, décrira le bobinage avec décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, afin de montrer qu'il est préférable de décaler l'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Le schéma de bobinage, figure 67, représente les sections 5 et 6 bobinées dans les encoches 5 à 11 et 6 à 12, du fond d'une encoche au fond d'une autre encoche. Suivant la règle et la table 3, la section 6 est la dernière section à être bobinée du fond d'une

encoche au fond d'une autre encoche, pour 14 encoches et un pas de 6, ou de 1 à 7. A ce stade, il y a deux encoches vides, les encoches 13 et 14, sur l'un des côtés de l'induit, adjacentes à l'encoche de départ, ou sommet de la section 1.

Dans le cas du bobinage en boucle, aussi bien quand il s'agit de bobinage à la machine que de bobinage au tour, la moitié supérieure de la section est celle qui correspond à la sortie des conducteurs de cette section (faute sur le texte anglais).

Sur la figure 67, les encoches 1 à 6 comportent chacune une amenée de courant à une section, chacune de ces sections étant

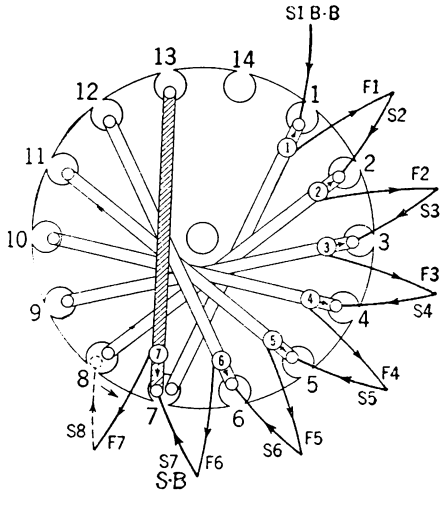


FIG. 67. — La section 7, par laquelle s'achève la première moitié est bobinée de sommet à base dans les encoches 7 à 13. La section 7 forme avec la section 1 un V dont la base se trouve dans l'encoche 7. Ces deux sections remplissent ainsi une encoche qui peut être calée.

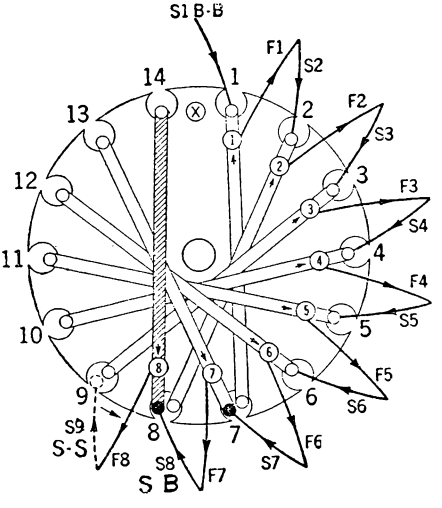


FIG. 68. — La section 8 commence la seconde moitié ; elle est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 14 ; les sections 7 et 8 forment les sections moyennes bobinées de sommet à base avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. Le section 8 est parallèle à la section 1 et forme un V avec la section 2 dont la base se trouve dans l'encoche 8. Le bobinage n'est plus le même à partir du signe (+).

considérée comme une demi-section supérieure, bien qu'elles remplissent les fonds des encoches 7 à 12. La figure 67 montre également des demi-sections sans conducteurs d'amenée de courant, par exemple celles qui remplissent les encoches 7 à 12, et elles portent le nom de demi-sections inférieures. Ainsi, la dis-

tinction entre section allant du bas d'une encoche au bas d'une autre, du sommet d'une encoche au bas d'une autre, du bas d'une encoche au sommet d'une autre, ou du sommet d'une encoche au sommet d'une autre doit être bien comprise par rapport aux expressions demi-section supérieure et demi-section inférieure.

« Demi-section supérieure » est l'expression qui indique que les conducteurs de sortie de courant (boucle, ou conducteur terminal) sortent en face de l'encoche remplie par la demi-section supérieure.

« Demi-section inférieure » est l'expression utilisée pour désigner l'endroit où les conducteurs de début de section sortent de cette dernière dans le bobinage classique, et, dans le cas du bobinage avec sorties à l'opposé du collecteur, pour indiquer la demi-section sans conducteur d'entrée ou de sortie.

« Du bas d'une encoche au bas d'une encoche » signifie que les deux moitiés de la section se trouvent au fond d'une encoche, cas des sections 1 à 6, figure 67; le nombre de sections allant du bas d'une encoche au bas d'une encoche est alors égal au pas. « Du bas d'une encoche au sommet d'une encoche » signifie que la section commence au bas d'une encoche et passe au sommet de l'encoche distante d'un pas de l'encoche de départ (sections 7 et 8, figures 71 et 72).

« Du sommet d'une encoche à la base d'une encoche » signifie que la section commence au sommet d'une encoche et passe au fond de l'encoche distante d'un pas de l'encoche de départ (sections 7 et 8, figures 67 à 69).

« Du sommet d'une encoche au sommet d'une encoche » signifie que la section commence au sommet d'une encoche et passe au sommet de l'encoche distante d'un pas de l'encoche de départ, comme les sections 9 et 10 des figures 73 et 75.

La fin de la première moitié est représentée sur le schéma de bobinage (fig. 67). Ce groupe ou section 7 est bobinée du sommet de l'encoche 7 à la base de l'encoche 13. Ainsi, dans le cas d'un induit bobiné dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, l'encoche 7 sert d'encoche de départ pour la section 7. Comme cette encoche est déjà remplie par la demi-section inférieure 1, il en résulte que la section 7 doit remplir le sommet de l'encoche 7 et sa première spire ira passer au fond de l'encoche vide 13.

Ainsi, pour tout bobinage en boucle, à la fin de la première moitié, la dernière section de la première moitié sera bobinée du sommet à la base, comme on le voit sur les figures 75 et 76. Dans le cas de bobinage avec sorties du côté du collecteur, il est alors

possible de caler l'encoche 7 et une encoche supplémentaire par section supplémentaire bobinée.

Le début de la seconde moitié est donnée sur le schéma de bobinage des figures 68 et 69. Le décalage de l'induit d'une encoche dans le sens inverse des aiguilles d'une montre amène en position de bobinage les encoches 8 et 14 pour la section 8, qui sera bobinée du sommet d'une encoche à la base d'une autre, comme le représentent les schémas; ainsi la moitié inférieure de

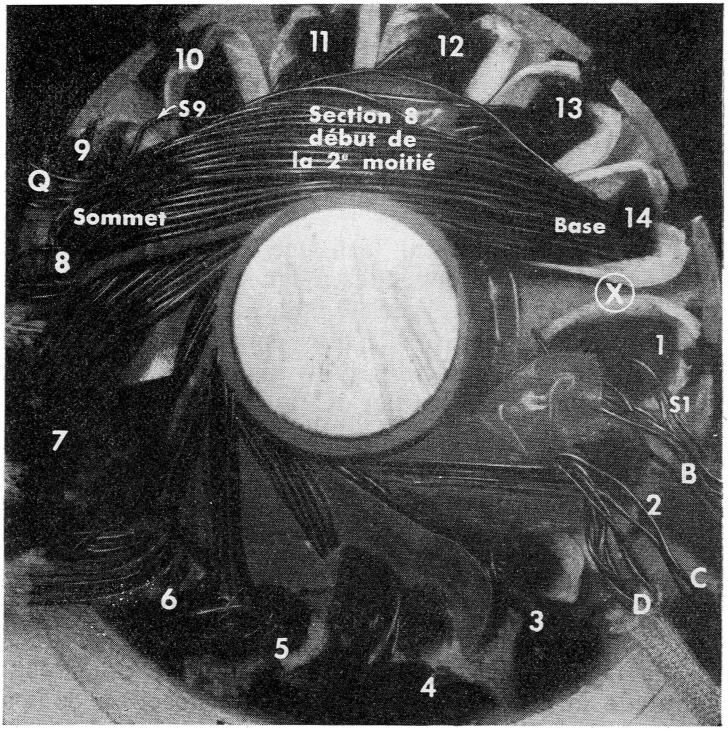


FIG. 69. — La section 8 marque le début de la seconde moitié ; elle est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 14. A ce stade, le bobinage se partage au point (+) où les sections qui commencent respectivement la première et la seconde moitié 1 et 8 se touchent. Voir figure 68.

la section 8 remplit à moitié la dernière encoche vide n° 14, adjacente à la section 1 dans l'encoche 1. Notez sur la figure 68 que les sections 1 et 8 sont parallèles et sur des côtés opposés de l'arbre et que les sections 1 et 7 s'écartent en V à partir de l'encoche 7.

La figure 69 représente le groupe ou la section 8, début de la

seconde moitié et bobinée du sommet de l'encoche 8 à la base de l'encoche 14.

Ainsi, les figures 67 à 69 montrent comment se présente l'induit à la fin de la première moitié de l'enroulement et au début de la seconde, deux sections ayant été bobinées du sommet à la base d'une encoche. Sur les figures 68 et 69, notez que dans les encoches 1 à 6 (ou que dans un nombre d'encoches égal au pas exprimé en encoches, c'est-à-dire 6 pour 1 à 7), les conducteurs sortent du centre de l'encoche, alors que, dans les autres encoches, les conducteurs sortent du sommet de l'encoche dès la première section bobinée du sommet à la base d'une encoche.

Ainsi, dans tous les bobinages en boucle avec sortie du côté du collecteur, les sections bobinées du sommet à la base d'une encoche ou du sommet au sommet présentent mieux leurs fils de sortie et d'entrée, qui sont moins recouverts de spires provenant d'autres sections.

On peut également noter sur la figure 69 que la disposition des boucles du côté droit des encoches permet aux boucles de ne pas être recouvertes par les sections 9 à 14, etc., ou par toute section allant du sommet au sommet d'une encoche. Dans l'encoche 1 (fig. 69), on disposera la section 9, et les conducteurs A et B ne seront pas recouverts par les fils de la section 9.

Sur les figures 68 et 69, remarquez au point marqué X comment la moitié inférieure de la section 8 et la moitié supérieure de la section 1 marquent le début de la première moitié et le début de la seconde.

Les figures 59 à 69 montraient comment sur un bobinage à la machine avec sorties du côté du collecteur avec sections à pas à gauche, passant à gauche de l'arbre, avec décalage de l'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est exécuté jusqu'au début de la seconde moitié, soit de la section 8. Les quelques schémas de bobinage suivants montrent ce qui se produit si le même enroulement est exécuté avec décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre.

Le bobinage avec décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre est représenté sur le schéma de la figure 70, les sections 1 et 2 étant bobinées de la base d'une encoche à la base d'une autre, dans les encoches 1 et 7, et 14 et 6. Si l'on compare la figure 62 à la figure 70, la seule différence notable à l'œil est la position de la section 2 par rapport à la section 1.

La figure 70 montre également que toutes les sections 1 à 6 sont bobinées du fond d'une encoche au fond d'une autre, quand

l'induit est décalé dans le sens des aiguilles d'une montre. Si l'on compare la figure 70 à la figure 66, on voit qu'avec un tel décalage de l'induit, les deux encoches vides, soit 8 et 9, se trouvent à la base de l'induit et en place pour recevoir la fin de la première moitié du bobinage et le début de la seconde, de même que, sur la figure 70, la section 7 achève la première moitié et commence par la base de l'encoche 9; au contraire, dans un décalage d'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, figure 66, la section 7 commence au sommet d'une encoche.

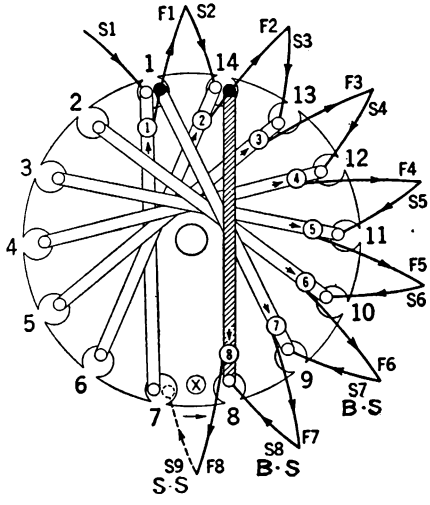


FIG. 70. — Les sections 1 à 6 sont bobinées de base à base, avec décalage dans le sens des aiguilles d'une montre, la section 6 occupant les encoches 10 à 2 ; c'est la dernière section bobinée de base à base. La section 7, qui achève la première moitié, est bobinée de base à sommet. La section 6 laisse deux encoches vides, nos 8 et 9. Comparez avec la figure 66.

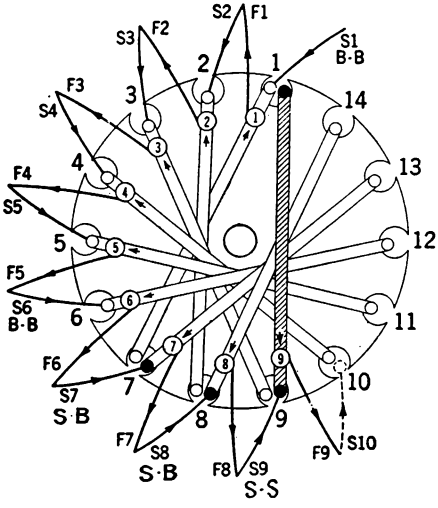


FIG. 71. — La section 7, sur laquelle s'achève la première moitié est bobinée de base à sommet dans les encoches 9 à 1. Comparez avec la figure 67.

La figure 71 montre la section 7 qui termine la première moitié du bobinage bobinée de la base de l'encoche 9 au sommet de l'encoche 1, alors que sur la figure 67, en décalant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, la section 7 est bobinée du sommet d'une encoche au fond d'une autre. Il en résulte que, sur la figure 71, avec décalage d'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, la section qui achève la première moitié de l'enroulement recouvre les conducteurs de la section 1, et les sorties de conducteurs doivent être renvoyées à la partie inférieure de

chaque section, la fin du bobinage recouvrant la première moitié de chaque section.

La figure 72 représente la section 8, début de la seconde moitié, bobinée du fond de l'encoche 8 au sommet de l'encoche 14, tandis que dans le cas d'un déplacement de l'induit en sens inverse de l'encoche 1 à la base de l'encoche 7; les conducteurs S2-F1

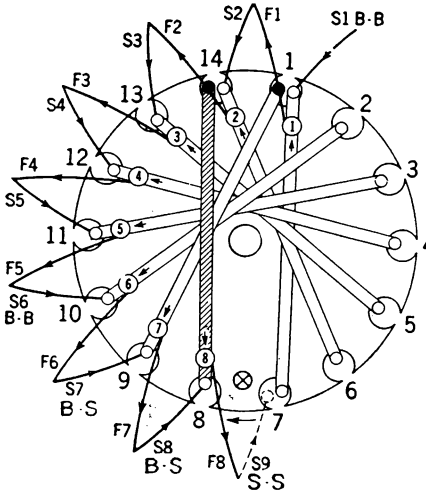


FIG. 72. — La section 8, par laquelle commence la seconde moitié est bobinée de base à sommet dans les encoches 8 à 14. Seules, les sections 7 et 8, qui sont les deux sections moyennes, sont bobinées de base à sommet. Comparez avec la figure 68. Notez que le milieu du bobinage, (+), se trouve à la partie inférieure avec un décalage dans le sens des aiguilles d'une montre.

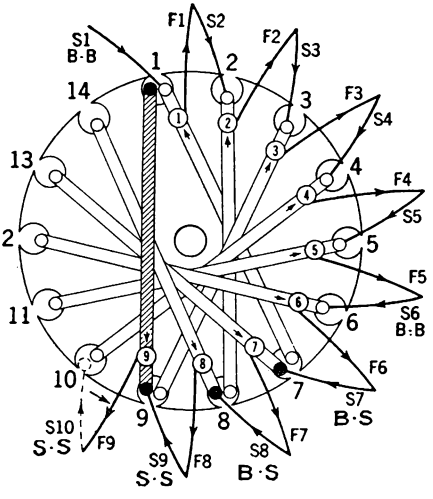


FIG. 73. — La section 9, ou seconde section de la seconde moitié, est la première section bobinée de sommet à sommet dans les encoches 9 et 1, qu'elle remplit toutes les deux. La section 9 est parallèle à la section 2 et forme un V avec la section 8 dont la base se trouve dans l'encoche 8. A partir de ce stade, il est possible de caler deux encoches par section mise en place.

des aiguilles d'une montre, figure 68, la section 8 serait bobinée du sommet d'une encoche à la base d'une autre. Comparez les figures 67 et 68 aux figures 71 et 72, et vous verrez que le décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre, donné sur les tables 1 à 11, permet de bobiner deux sections supplémentaires du sommet à la base d'une encoche, ce qui permet de faire des sorties supplémentaires au sommet des encoches; de plus, le décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre dispose les boucles de sortie des conducteurs de telle sorte qu'elles croisent ou soient croisées par un minimum de sections ou de spires.

Il apparaît évident, après un examen des figures 66 à 68 et 70 à 72 que le décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre aboutit à la meilleure réalisation, aussi bien du point de vue électrique que mécanique, par suite du nombre minimum de points faibles ainsi obtenu.

Un induit à 14 encoches avec un pas de 1 à 7 aurait, d'après la table 3, huit sections bobinées, avec enroulement au sommet des encoches et moins de sorties à la partie inférieure (fig. 68 à 72).

Suite du bobinage avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. — Maintenant que nous avons traité complètement de la différence entre un induit décalé dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens inverse, nous

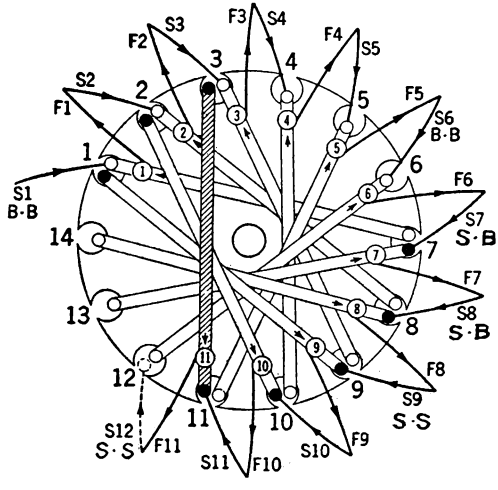


FIG. 74. — Les sections 10 et 11 ont été bobinées de sommet à sommet dans les encoches 10 à 2, et 11 à 3, qui se trouvent ainsi remplies toutes les quatre. Notez que la section 11 est parallèle à la section 4 et forme un V avec la section 5 dans l'encoche 11.

pouvons continuer notre étude de ce dernier mode de décalage, en nous reportant à la figure 73 qui représente le groupe ou la section 9 bobinée du sommet de l'encoche 9 au sommet de l'encoche 1. On atteint ainsi le troisième stade du bobinage en boucle dans lequel toutes les sections, y compris la section du début de la seconde moitié, sont bobinées du sommet d'une encoche au sommet d'une autre encoche. Remarquez sur la figure 73 que la première section allant du sommet à un autre sommet d'encoche forme toujours un V avec la section 1 dans l'encoche 1. Dans le cas d'un bobinage avec sorties du côté du collecteur, il

est possible de disposer les cales dans deux encoches après bobinage de toute section allant d'un sommet à un autre sommet d'encoche.

Le schéma de bobinage de la figure 74 et la photographie de la figure 75 montrent des groupes ou des sections, 10 et 11 de la table 3, bobinées de sommet à sommet dans les encoches 10

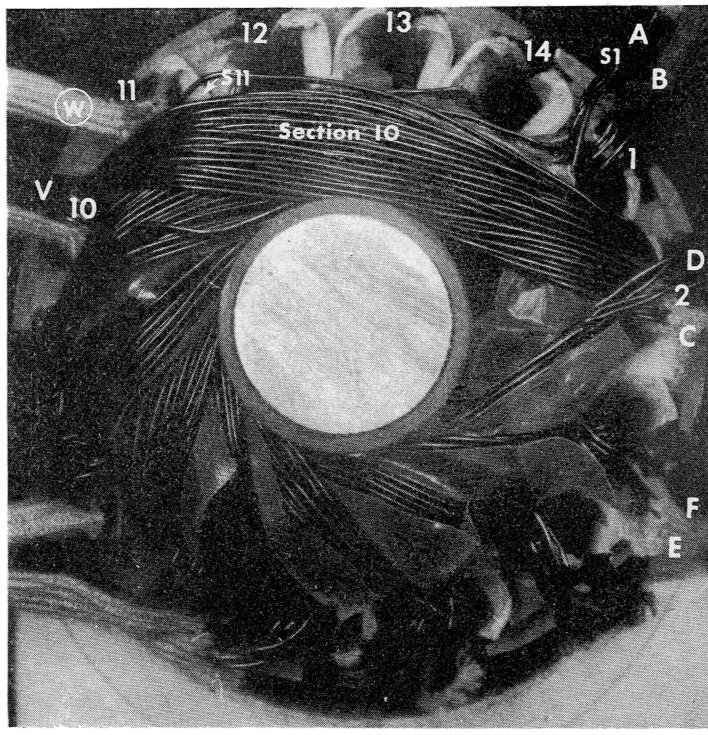


FIG. 75. — La section 10 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 10 à 2. Le conducteur W, à gaine blanche, contient F10 et S11, début de la section simple 21.

à 2 et 11 à 3, qui remplissent ainsi les 4 encoches nommées les conducteurs d'amenée de courant sortant du sommet des encoches 10 et 11. Remarquez qu'avec la section débutant la seconde moitié, la section 8 dans ce cas, chaque section suivante est parallèle à une section opposée par rapport à l'arbre, section faisant partie de la première moitié; par exemple, les sections 1 et 8 sont parallèles, ainsi que 2 et 9, 3 et 10, 4 et 11, etc.

Par suite, les figures 66 à 75 et la table 3 fournissent une description détaillée de la section moyenne, particulièrement im-

portante, qui termine la première moitié du bobinage dans les bobinages à boucle exécutés à la machine.

Le schéma de la figure 76 montre comment les groupes ou sections 12 et 13 sont bobinées du sommet de l'encoche 12 à celui de l'encoche 4, et de celui de l'encoche 13 à celui de l'encoche 5, ce qui remplit ces quatre encoches, laissant à demi-remplies les encoches 6 et 14 pour la dernière section, l'induit étant décalé en sens inverse des aiguilles d'une montre entre chaque groupe ou section, soit 11, 12 et 13.

La figure 77 montre un groupe ou une section, n° 12, bobinée dans les encoches 12 à 4, sommet à sommet; on a donc bobiné

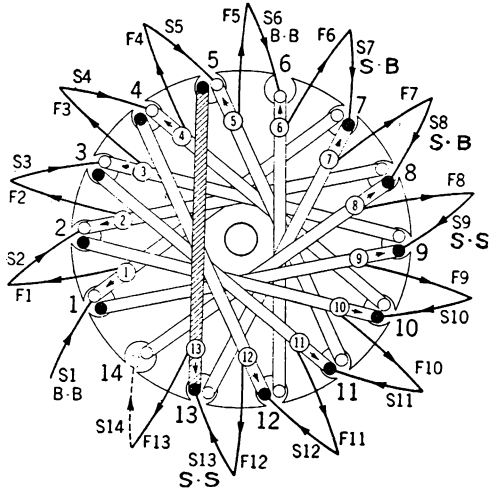


FIG. 76. — Les sections 12 et 13 sont bobinées de sommet à sommet dans les encoches 12 à 4 et 13 à 5. Les encoches 6 et 14 restent à demi-pleines pour recevoir la section 14.

24 sections simples. La sortie blanche S13 servira de début au treizième groupe de la table 9, ou à la vingt-cinquième section simple. Cette photographie a été prise avant d'enlever toutes les cales d'encoches, et seulement sept encoches sont sans cales, les nos 12, 13, 4, 5, 6, 7. Toutes les photographies de l'enroulement terminé montrent qu'une partie seulement des encoches est munie de ses cales.

Sur la figure 77, les conducteurs S1 et F2-S3 de l'encoche 1, section 1, ont été repassés par l'encoche 14, au sommet. Ainsi, dans les enroulements avec sorties à l'opposé du collecteur, il est possible de décaler d'une encoche en arrière les conducteurs renvoyés du côté du collecteur, figure 52 (chV), avant de mettre

les cales d'encoche, figure 77. Autrement dit, dans le cas de sorties du côté opposé au collecteur, il faut relever très soigneusement la mise au collecteur avant de déconnecter ou d'enlever l'enroulement ancien.

La figure 78 donne une raison supplémentaire pour que les conducteurs S1-F1-S2 traversent l'encoche 14. Remarquez que la

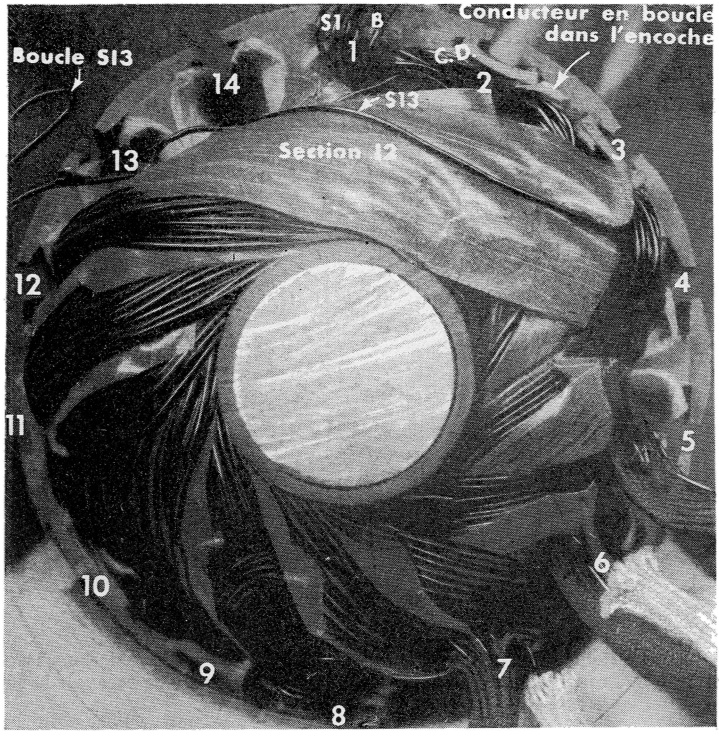


FIG. 77. — La section 12 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 12 à 4, ce qui, à ce stade, représente 24 bobines simples ; le conducteur à gaine blanche S13 indique le début de la vingt-cinquième bobine simple, ou section 13. Voir figure 70.

boucle simple, ou le fil simple qui achève le groupe 14, ou la section simple 28, se trouve au sommet de l'encoche 14; par suite, en torsadant S1 et S14 ensemble dans l'encoche 14, toutes les boucles forment un circuit électrique fermé.

Le schéma de bobinage, figure 78, montre le dernier groupe, ou la section 14, de la table 3 dans le cas d'un induit à 14 encoches, bobinée d'un sommet à un autre sommet, dans les encoches 14 à 6, la moitié inférieure de la section 14 remplissant l'encoche 6.

La moitié supérieure de la section 14, ou la moitié comportant les conducteurs de cette section se termine adjacente et à droite de l'encoche 1. Le conducteur de départ S1 et le conducteur de sortie F14 sont tous les deux disposés dans une gaine blanche marquée S1 ou A sur toutes les photographies.

La figure 78 représente le groupe 13 ou la section simple 26 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 13 à 5. Le début de la dernière section est représenté en S14. Les conducteurs

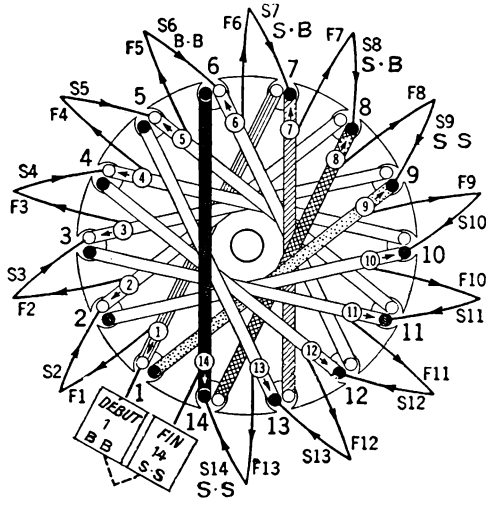


FIG. 78. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 14 à 6, la fin du bobinage se disposant au sommet de l'encoche 14, dans laquelle le conducteur F14 peut être joint au conducteur de départ S1, qui, tout en réalisant la dernière boucle, ferme le circuit. La fin de la première moitié, section 7, est parallèle à la section 14, sur laquelle s'achève la seconde moitié.

en X sont poussés vers la droite après le bobinage de chaque section pour réduire au minimum les croisements de spires et de sections. Ainsi, avec un décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre, les conducteurs de chaque section peuvent être dégagés des sections suivantes, comme on peut le voir sur la section marquée X.

La figure 78 montre le départ de la vingt-septième section simple, soit la première moitié du groupe 14, bobiné du sommet de l'encoche 14 au sommet de l'encoche 6. Ce schéma montre également comment les boucles de conducteurs sont croisées vers l'encoche voisine.

CHAPITRE VIII

BOBINAGE EN BOUCLE, SECTIONS A PAS A DROITE PASSANT A DROITE DE L'ARBRE

Cet enroulement est identique à celui que nous avons décrit dans les chapitres V à VII, dont les sections ont un pas à gauche, et les principes généraux restent valables. Par suite, nous ne donnerons dans ce chapitre que des schémas de bobinage, la forme essentielle des chignons présentant une forte analogie avec celle des photographies données dans les chapitres précédents. Ce mode de bobinage est celui qui est généralement utilisé dans les ateliers de rebobinage travaillant au tour.

La description ci-dessous n'utilisera des schémas que pour montrer la constitution d'un enroulement au tour avec sections à pas à droite passant du côté droit de l'arbre, l'induit étant décalé après chaque section dans le sens des aiguilles d'une montre. Quelques schémas montreront également l'influence du décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre.

Les tables 1 à 11 du chapitre IV et la figure 35E peuvent être utilisées pour exécuter un bobinage au tour en boucle; la table 3 peut également servir de guide pour exécuter ce bobinage.

La figure 79 montre la disposition de la section 1, bobinée de base à base dans les encoches 1 à 7, avec les conducteurs S_1 F_2 se trouvant en face de l'encoche 1, et nous nommerons demi-section supérieure de la section 1 celle qui se trouve dans l'encoche 1 et demi-section inférieure de la section 1 celle qui se trouve dans l'encoche 7. Ce bobinage commence ainsi par une section à pas à droite, car une rotation de 90° de la figure 79 vers la gauche amènera la section 1 au dessus de l'arbre, la demi-section supérieure à droite, comme sur la figure 35 E. Toutefois, une rotation de 90° à droite, figure 50, chapitre V, montrera que la section 1 a un pas à gauche, car la demi-section supérieure sera à gauche.

La section 2 est bobinée de la base de l'encoche 2 à la base de l'encoche 8, comme on peut le voir sur la figure 80. Les sections

3 et 4 sont bobinées de base à base dans les encoches 3 à 9 et 4 à 10, l'induit étant décalé dans le sens des aiguilles d'une montre après exécution de chaque section. Il n'y a plus alors que deux encoches vides, les nos 5 et 6, toujours dans le sens des aiguilles d'une montre; autrement dit, il n'est plus possible de bobiner de base à base que les sections 5 et 6.

Les sections 5 et 6 sont bobinées de base à base dans les encoches 5 à 11 et 6 à 12, comme le montre la figure 80; on peut

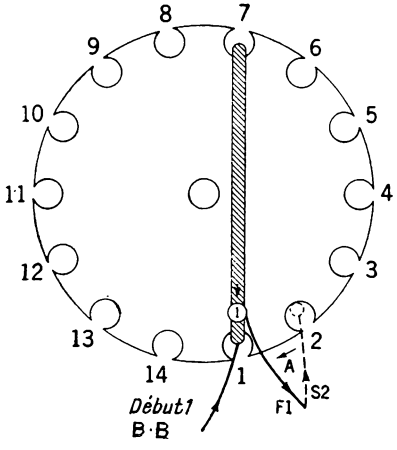


FIG. 79. — La section 1 est bobinée de base à base dans les encoches 1 à 7, du côté droit de l'arbre. L'induit est décalé dans le sens des aiguilles d'une montre (flèche A), pour commencer la section 2 dans l'encoche 2, ce qui fait des sections 2, 3 et 4, bobinées de base à base, des sections à pas à droite. Voir figure 98.

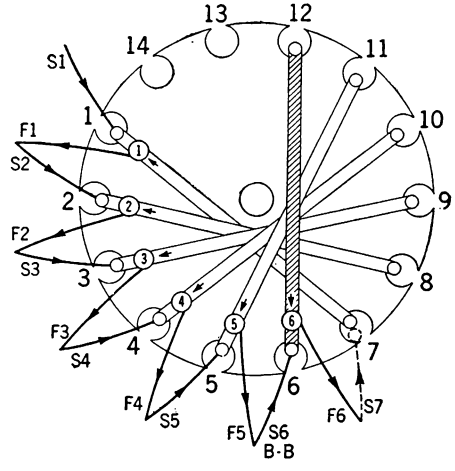


FIG. 80. — Les sections 5 et 6 sont bobinées de base à base dans les encoches 5 à 11 et 6 à 12. Quand il ne reste plus que deux encoches vides, soit 13 et 14, on peut dire que les deux sections suivantes doivent être bobinées de sommet à base, l'une achève la première moitié, tandis que l'autre commence la seconde.

en déduire la règle : « un nombre de sections égal au pas exprimé en encoches sont bobinées de base d'encoche à base d'encoche ».

Il devient intéressant de comparer les quatre premiers schémas de bobinage, figures 41, 62, 64 et 66 aux figures 78 et 79 et de noter les différences entre ces deux modes de bobinage en boucle.

La fin de la première moitié apparaît avec la section 7 bobinée du sommet de l'encoche 7 à la base de l'encoche 13, comme on peut le voir sur la figure 81. Nous avons alors atteint la moitié du rebobinage, pour laquelle deux sections sont bobinées du sommet d'une encoche à la base d'une autre, figures 81 et 82.

Sur la figure 81, les sections 1 et 7 s'ouvrent en V à partir de l'encoche 7, les branches du V encadrant l'encoche vide n° 14.

Le début de la seconde moitié, figure 82, s'exécute en bobinant la section 8 du sommet de l'encoche 8 à la base de l'encoche 14. En X on voit la séparation entre le sommet de la section 1 et la base de la section 8. La section 8 est parallèle à la section 1 et s'ouvre en V dans l'encoche 8 avec la section 2.

Un examen de la figure 82 révèle que les sections 1, 2 et 8 sont

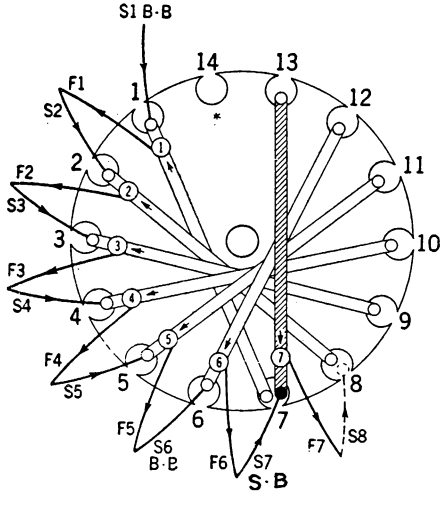


FIG. 81. — La section 7, sur laquelle s'achève la première moitié, est bobinée de sommet à base dans les encoches 7 à 13 ; c'est la première des deux sections moyennes bobinées de sommet à base (Voir tables).

La section 7 forme un V dont la base de trouve dans l'encoche 7, avec la section 1. A ce stade, une encoche, comprise dans les branches du V est encore vide (encoche 14).

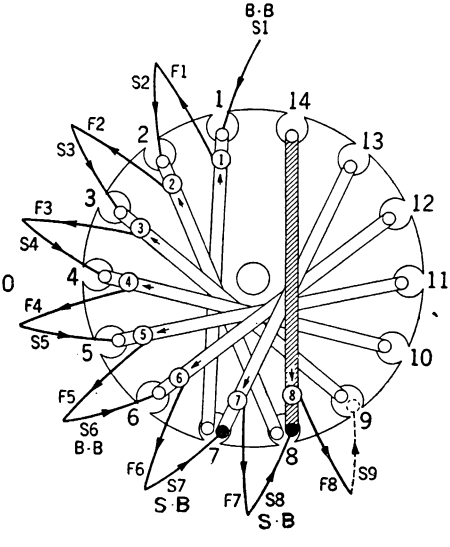


FIG. 82. — La section 8, par laquelle commence la seconde moitié, est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 14. Ainsi, la dernière section des deux sections moyennes, bobinées de sommet à base, commence la seconde moitié et remplit à moitié la dernière encoche vide. Les sections 1 et 8, qui commencent chacune des moitiés de l'enroulement, sont parallèles. La section 8 forme un V, de base l'encoche 8, avec la section 2.

les trois premières sections qui forment une division ou fractionnement base-sommet de l'enroulement décrit par la suite, dont les conducteurs de liaison au collecteur forment le principe même de tous les bobinages bipolaires exécutés au tour ou à la main.

Effet d'un décalage d'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. — Avant de continuer l'étude de l'enroulement avec sections à pas à droite et décalage d'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, nous allons examiner l'influence d'un décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre.

La figure 83 représente l'action d'un tel décalage sur les sections 1 et 2; sur celle-ci ces deux sections sont bobinées de base

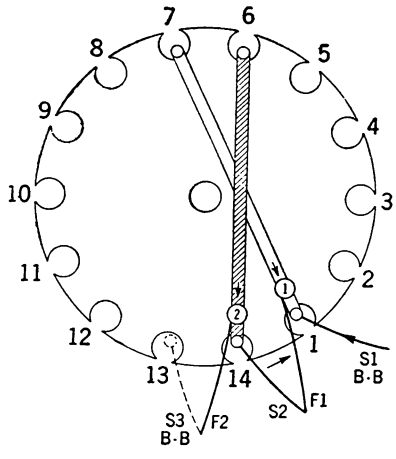


FIG. 83. — Les sections 1 et 2 sont bobinées de base à base dans les encoches 1 à 7 et 14 à 6, avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. Comparez avec la figure 80.

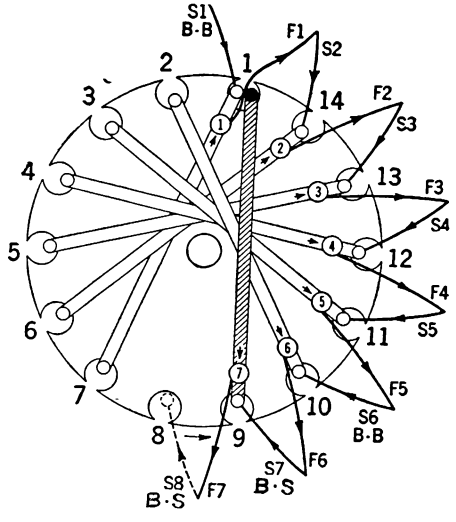


FIG. 84. — La section 7, par laquelle s'achève la seconde moitié, et qui commence le groupe de deux sections moyennes, est bobinée de base à sommet dans les encoches 9 à 1, avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. Comparez avec la figure 81.

à base, les boucles des conducteurs étant disposées à la gauche des encoches. Sur la figure 84, on a représenté sept sections bobinées de base à base, en laissant une encoche vide, n° 8, entre les sections 1 et 7. Comme cette encoche vide est en position de décalage, la section qui termine la première moitié du bobinage sera bobinée de la base d'une encoche au sommet d'une autre.

La fin de la première moitié du bobinage avec décalage dans le sens inverse des aiguilles d'une montre s'exécute en bobinant la section 8 de la base de l'encoche 8 au sommet de l'encoche 1, comme représenté figure 84. Dans ce cas, la demi-section supérieure 7 se trouve à la base de l'encoche 9, tandis que dans le cas d'un décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre,

figure 81, la demi-section supérieure 7 se trouve au sommet de l'encoche 7. Il en résulte qu'un décalage d'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre se traduit par des sorties « enterrées » de deux sections supplémentaires, sorties qui sont recouvertes par les sections suivantes.

Le début de la seconde moitié par décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre s'exécute en bobinant la section 8 de la base de l'encoche 8 au sommet de l'encoche 14, comme on peut

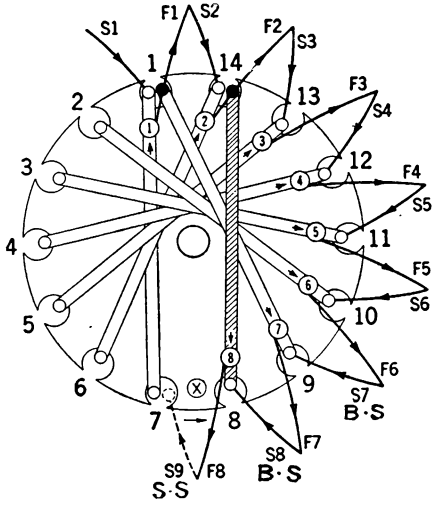


FIG. 85. — La section 8, qui commence la seconde moitié, est la dernière des deux sections bobinées de base à sommet, lors du décalage en sens inverse des aiguilles d'une montre. Comparez avec la figure 82. Notez que le milieu du bobinage (+) se trouve à la partie inférieure avec ce décalage.

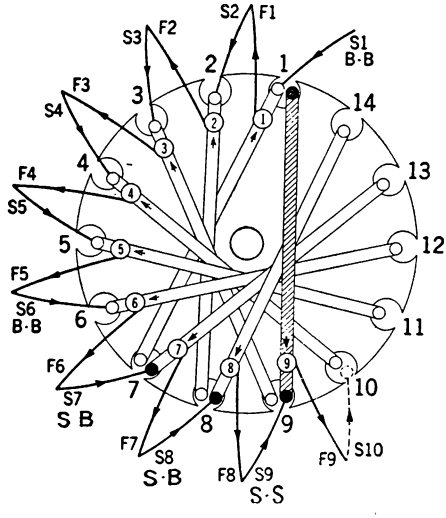


FIG. 86. — La section 9, ou seconde section de la seconde moitié, est la première section bobinée de sommet à sommet dans les encoches 9 et 1, qu'elle remplit. A ce stade, les quatre encoches 1, 7, 8 et 9 sont remplies et peuvent être calées. Maintenant, chaque nouvelle section mise en place remplira des encoches qui pourront être calées.

le voir sur la figure 85. Ainsi, les demi-sections supérieures des deux sections médianes auront leurs conducteurs sortis au centre d'une encoche et ils seront recouverts par d'autres sections quand on poursuivra le bobinage.

En rapprochant ces remarques de celles du chapitre précédent, on voit que le décalage d'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est préférable dans le cas de sections à pas à gauche passant sur la gauche de l'arbre, tandis que le décalage dans le sens des aiguilles d'une montre est le meilleur quand on utilise des sections à pas à droite passant à droite de l'arbre.

Sur la figure 86, la section 9, avec décalage d'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, fait suite au bobinage dont les sections ont un pas à droite; la section 9 va alors du sommet de l'encoche 9 au sommet de l'encoche 1, vérifiant la règle : « Les dernières sections égales au pas exprimé en encoches sont bobinées de sommet à sommet ». La section 9 est parallèle à la section 2 et forme un V ouvert dont la base est dans l'encoche 9 avec la section 3. La section 9, ou la seconde section de la seconde

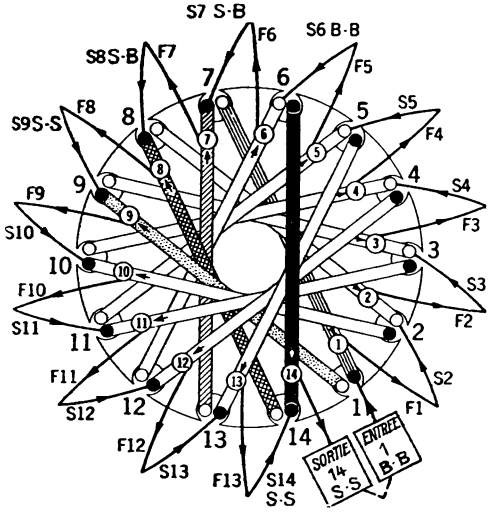


FIG. 87. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 14 à 6 ; elle se termine au sommet de l'encoche 14, où les conducteurs S1 et F14 sont reliés pour fermer le bobinage. Notez que les sections qui finissent la première et la seconde moitié sont parallèles (7 et 14). Les autres stades du bobinage sont donnés par les sections hachurées, 1, 7, 8, 9 et 14.

moitié, vient toujours faire un pont (x) entre le sommet de la première demi-section et la base de la première section commençant la seconde moitié.

Sur le bobinage en boucles donné sur les tables 1 à 11, ou quand le nombre total d'encoches est divisible par 2, la première section de la première moitié sera parallèle à la première section de la seconde moitié, comme le montre la figure 84.

Les sections 10 et 11, représentées sur la figure 87, sont bobinées de sommet à sommet, encoches 10 à 2 et 11 à 3, avec rotation de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre. A ce stade, il subsiste six encoches vides, trois de chaque côté de l'induit, soit, sur la figure 87, les encoches 4, 5, 6 et 12, 13, 14. Remarquez

qu'en recommençant à la section 8, ou au début de la seconde moitié, chaque nouvelle section mise en place sera parallèle à une section de la première moitié; par exemple, les sections 8 et 1, 9 et 2, 10 et 3, 11 et 4; on peut aussi dire que les sections ayant le même rang dans leur moitié respective sont parallèles; ainsi, la section 8, première de la seconde moitié est parallèle à la section 1, première de la première moitié, la section 9, seconde de la seconde moitié est parallèle à la section 2, seconde de la première moitié, etc.

Calage des encoches. — Avec un enroulement dont les sorties se trouvent du côté du collecteur, il est possible de caler les encoches dès la fin de la première moitié; en effet, les deux sections médianes sont bobinées de sommet à base, et il en résulte que toutes les sections suivantes achèvent le remplissage de deux encoches qui peuvent être calées. Les tables 1 à 11 montrent quand on peut commencer à disposer les cales d'encoches. —

La section 13 est représentée sur la figure 87 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 13 à 5, ce qui laisse les encoches 14 et 6 pour la dernière section, n° 14, représentée sur la figure 87 bobinée de sommet à sommet, ce qui remplit les deux dernières encoches, 14 et 6.

La figure 87 donne le bobinage complet, sur laquelle on a ombré cinq sections, les n^{os} 1, 7, 8, 9 et 14 pour montrer (1) le début du bobinage et la section 1 de la première moitié; (2) la dernière section, n° 7, de la première moitié; (3) la première section de la seconde moitié, n° 8; (4) les deux sections médianes, 7 et 8, bobinées de sommet à base; (5) la première section, n° 9, seconde section de la seconde moitié, qui marque toujours le début des sections de sommet à sommet; (6) la dernière section, 14, qui est toujours parallèle à la section 7 sur laquelle s'achève la première moitié; (7) le début des premières et seconde moitiés, dont les sections, 1 et 8, sont parallèles.

Sur la figure 87, le conducteur de sortie F14 est relié au conducteur d'entrée S1 pour former la dernière boucle qui ferme le circuit.

Comparez la figure 78, qui représente un enroulement complet avec sections à pas à gauche, décalage de l'induit dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, à la figure 87, et vous retrouverez pratiquement les mêmes conditions mentionnées ci-dessus sous les numéros (1) à (6), à part le fait que sur la figure 78 les sections passent de l'autre côté de l'arbre, et que leur sens n'est

pas le même; il est de pas à gauche sur la figure 78 et de pas à droite sur la figure 87.

Une étude soigneuse des figures 78 et 87 et de tous les enroulements décrits par la suite dans cet ouvrage montrera que le bobinage en boucle renferme tous les principes généraux communs à tous les bobinages. Il en résulte que les bobinages complets des figures 78 et 87 montrent comment les sorties devraient être disposées sur tous les autres bobinages, de façon à ce que l'on passe bien en série régulière d'une section à l'autre, dans l'ordre 1, 2, 3, 4, etc., une fois les liaisons au collecteur exécutées.

CHAPITRE IX

ENROULEMENT SPÉCIAL A BOUCLES A PAS DIVISÉ

Beaucoup de petits moteurs à deux pôles, ayant un induit avec un grand nombre d'encoches et un petit espace pour loger les chignons, sont bobinés avec un enroulement spécial à pas divisé. Cet enroulement peut être employé avec n'importe quel nombre d'encoches là où il y a deux ou quatre fois plus de lames que d'encoches. La caractéristique de cet enroulement est que deux

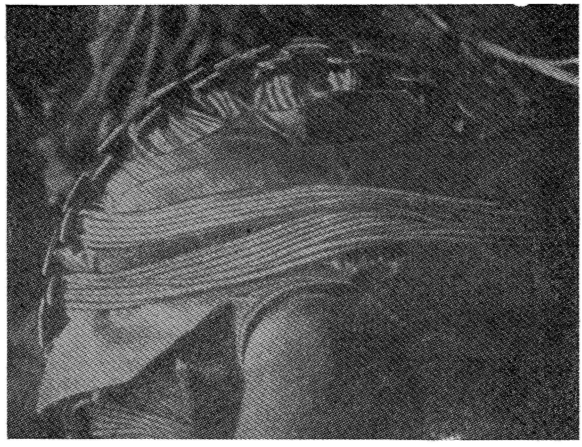


FIG. 88. — Face arrière d'un bobinage à pas divisé. Il se distingue par le fait que deux sections occupent trois encoches.

sections sont enroulées dans trois encoches, du même côté de l'arbre, chacune avec un pas différent comme le montre la figure 88.

Exemple montrant les avantages de cet enroulement. — Les avantages de cet enroulement spécial peuvent être illustrés avec le cas d'un moteur bipolaire de 5 CV, 1.100 tours par minute, ayant un induit de 254 millimètres de diamètre, avec 24 encoches et 48 lames. Si on bobinait cet induit avec le pas normal 1 et 13,

l'enroulement s'empilerait sur les faces latérales de l'induit et prendrait trop de place. Cela parce que les têtes de sections auraient à croiser un nombre maximum de sections et en même temps devraient se cintrer autour de l'arbre, puisque les encoches 1 et 13 sont diamétralement opposées. Par l'emploi de l'enroulement spécial, à corde, à pas divisé, le pas de l'enroulement est réduit à 80 % du pas normal, ce qui élimine quelques-uns des croisements des sections et évite le cintrage des têtes de sections autour de l'arbre. Dans cet induit le pas normal est égal à 12. Donc 80 % du pas normal sera : $0{,}80 \times 12 = 9{,}6$. Cela équivaut à employer les encoches 1 et 10,6. Mais comme on ne peut pas

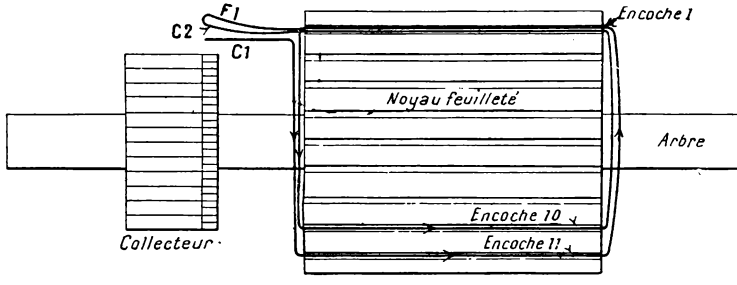


FIG. 89. — Vue de profil du début d'un bobinage à pas divisé. S1 est le commencement et F1 la fin de la première section. Cette section est composée de huit spires bobinées dans les encoches 1 et 11, comme l'indiquent les flèches. A la fin de la première section, on fait une boucle, dont la longueur doit être suffisante pour atteindre la lame voulue du collecteur, et, après cette boucle, la seconde section commence en S2, encoche 10. La seconde section est bobinée dans les encoches 10 et 1, comme l'indiquent les flèches. La figure 90 représente une vue en bout des quatre premières sections.

avoir 0,6 d'une encoche, l'enroulement à pas divisé permet d'enrouler une section avec un pas de 10, dans les encoches 1 et 11, et la suivante avec un pas de 9, dans les encoches 1 et 10, et ainsi de suite. Cela donne un pas moyen de 9,5, ce qui diffère peu du pas désiré 9,6. Cet enroulement particulier n'a pas le même nombre de spires sur chaque section : une section a 7 spires et la deuxième en a 8. La section à pas long (1 et 11) a 8 spires, tandis que celle à pas raccourci (1 et 10) a 7 spires.

Bobinage de l'induit avec un fil unique. — Ce type de bobinage doit être exécuté avec un fil en main, sans tenir compte du nombre de fois que le nombre de lames excède celui d'encoches. Pour bobiner l'induit, celui-ci doit être placé avec le collecteur à gauche du bobineur, comme le représente la figure 89. Dans ce schéma le commencement de l'enroulement est figuré en C1.

On peut commencer cet enroulement à partir de n'importe quelle encoche, cette encoche de départ portant le numéro 1. Le conducteur C1 doit avoir une longueur suffisante pour atteindre la lame de collecteur sur laquelle il doit être soudé; il est recouvert d'une gaine de coton blanche. Le fil est plié sur le côté avant, ou côté collecteur, jusqu'à l'encoche 11, traverse l'induit dans

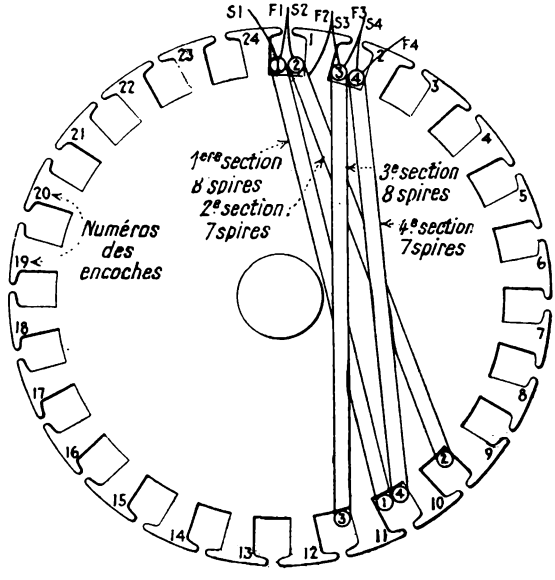


FIG. 90. — Vue arrière du bobinage représenté figure 89. La section commence en S1 et est composée de huit spires bobinées dans les encoches 1 à 11, comme l'indiquent les chiffres 1 sur la section. On fait une boucle à la fin de la première section F1 et on commence la seconde en S2; cette boucle doit pouvoir joindre la lame voulue du collecteur, et elle est gainée de rouge. Commençant en S2 et finissant en F2, la seconde section est bobinée avec sept spires dans les encoches 1 et 10. En F2, on fait une boucle assez longue pour atteindre la lame voulue du collecteur et la troisième section commence en S3. On gaine de blanc la boucle F2S2. La troisième section comporte huit spires bobinées dans les encoches 2 à 12.

cette encoche et revient du côté du collecteur en passant dans l'encoche 1, comme on peut le voir en suivant les flèches sur la figure 89. Les encoches 1 et 11 comportent huit spires. La dernière spire se termine sur une boucle, en F1, boucle qui marque en S2 le commencement de la seconde section. La longueur de cette boucle doit être telle qu'elle puisse atteindre la lame de collecteur convenable, et on la recouvre d'une gaine de coton rouge. Le début S2 de la seconde section traverse le côté collecteur de l'induit jusqu'à l'encoche 10, traverse l'induit dans cette

encoche, revient dans l'encoche 1, comme le montrent les flèches de la figure 89, et 7 spires forment la seconde section. La figure 90 montre le côté avant (côté collecteur) de l'induit avec 4 sections bobinées. Sur cette figure, S1, F1, etc., se rapportent aux fils d'en-

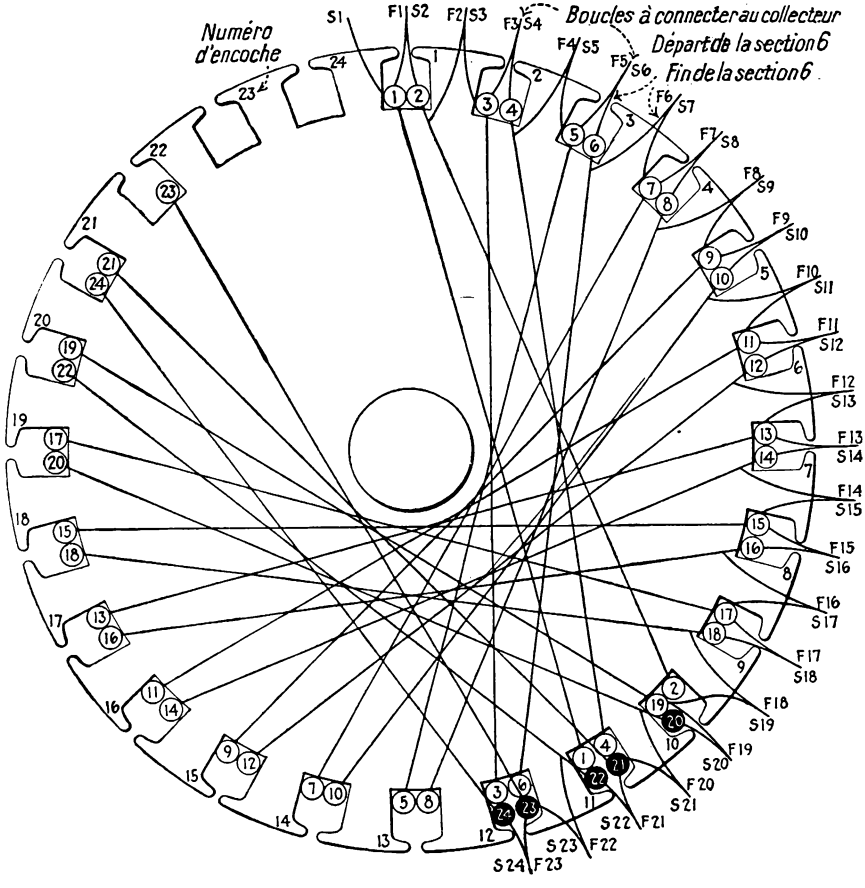


FIG. 91. — Ce schéma représente l'induit muni de la moitié de ses sections. Notez que la couche supérieure de sections commence dans l'encoche 10 avec la section 20. La couche supérieure de chaque encoche est représentée par des cercles noirs avec chiffres blancs. Les lettres S et F marquent le début et la fin de chaque section. Les numéros dans les cercles indiquent le numéro de la section et l'ordre suivant lequel les sections sont mises en place.

trée et de sortie de chacune des sections, les mêmes que sur la figure 89. Les petits cercles dans les encoches représentent les différentes sections, les chiffres étant le numéro de la section représentée et l'ordre dans lequel elles sont bobinées. Ce même

schéma porte également les entrées et sorties de sections, F1, S2, S3, etc.

A ce point du bobinage, l'encoche 1 sera partiellement remplie par deux demi-sections, l'encoche 10, une demi-section, et l'encoche 11 l'autre demi-section. En même temps que le fil arrive à la fin F2 de la section 2 et au début S3 de la section 3, on fait une boucle recouverte d'une gaine blanche. La section 3 est bobinée en faisant passer le fil de la boucle en avant de l'induit (côté collecteur) dans l'encoche 12, à travers cette encoche puis on revient derrière l'induit dans l'encoche 2 que l'on traverse. Après avoir bobiné huit spires dans les encoches 2 et 12, on fait une boucle, en F3, fin de la section 3, sur laquelle on enfile une gaine de coton rouge. On bobine alors sept spires, qui constituent la quatrième section, des encoches 2 à 11. A ce stade, on a bobiné quatre sections dans cinq encoches, figure 90.

Emploi de gaines colorées pour repérer les boucles de liaison au collecteur. — Le mode opératoire indiqué ci-dessus se poursuit jusqu'au moment où les 48 sections sont en place, en se souvenant qu'il faut alternativement effectuer sept et huit spires, tout en recouvrant les boucles de gaines alternativement blanches et rouges. La figure 91 montre le bobinage après mise en place de 24 sections. Remarquez que la section 20 commence la couche supérieure de l'encoche 10. Sur la figure 91, le système de numérotation est le même que sur les schémas précédents. La figure 92 montre toutes les sections en position dans les encoches, ainsi que les boucles de mise au collecteur; les lettres R et W repèrent respectivement les gaines rouges et les gaines blanches; elles ne sont portées que sur les premières boucles pour montrer l'alternance de gaines blanches et de gaines rouges. Les deux dernières sections sont entièrement représentées pour bien montrer leur mode de bobinage. La fin, F48, de la section 48 est reliée au début S1 de la section 1, ce qui achève la dernière boucle. Sur ce schéma ainsi que sur le schéma précédent, les cercles noirs avec chiffres blancs indiquent les sections de sommet d'encoche.

Connexion des boucles au collecteur. — Les connexions au collecteur sont indiquées en A sur la figure 93. Les balais sont sur la ligne neutre, comme on peut le voir en B de la même figure. De là, les connexions au collecteur se trouvent plus allongées pour compenser le pas raccourci. Comme on le voit sur le schéma A, la boucle formée par S2 et F1 est connectée trois lames en avant de la lame qui se trouve dans l'alignement de l'enco-

che 1, dans laquelle sont logées les moitiés supérieures des sections 1 et 2. Les autres boucles sont connectées d'une manière analogue. En connectant les boucles au collecteur, commencer par une gaine blanche, suivie d'une rouge, et continuer par une

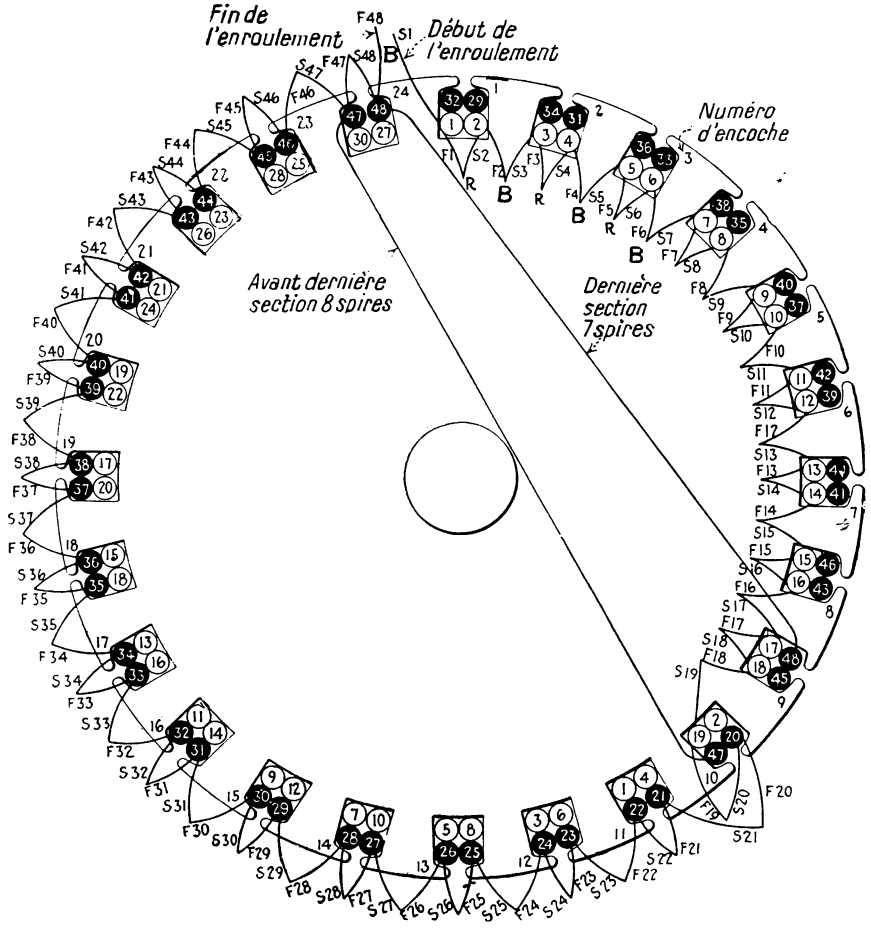


FIG. 92. — Toutes les sections sont en place. Les deux dernières sections ont été tracées pour montrer comment se termine le bobinage. F48 et S1 sont réunis et considérés comme une boucle lors de la mise au collecteur ; elle doit aller sur la dernière lame du collecteur. Les lettres R et B indiquent la couleur de la gaine utilisée.

blanche et une rouge alternativement, jusqu'à la fin. On peut encore connecter les boucles en deux couches : on connecte d'abord toutes les boucles à gaine blanche, en laissant libre une lame entre chaque boucle. On place ensuite un ruban par-dessus

ces boucles après quoi on connecte dans l'ordre les boucles à gaines rouges aux lames restées libres.

La précaution la plus importante lors de la mise au collecteur de ce type d'enroulement consiste à donner aux connections le décalage correct : un décalage d'une ou deux lames abrégera considérablement la vie de l'enroulement; quand les connexions ne sont pas décalées correctement, une partie de la section se trouve dans le champ actif, ce qui engendre un courant qui s'oppose à la comutation. Ce courant provoque l'échauffement des sections qui finissent par griller.

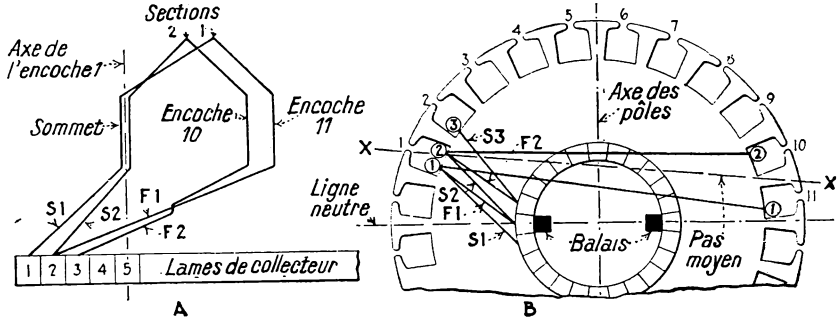


FIG. 93. — Schémas donnant la mise des boucles au collecteur. On voit en A que les connexions sont décalées en avant, pour compenser le pas cordé. En B, on voit que la section 2 est commutation. La ligne XX indique le pas moyen.

Utilisation de fils à deux couleurs. — L'utilisation de deux fils de couleurs différentes pour l'exécution de ce mode d'enroulement permet de supprimer l'utilisation de gaines colorées quand on bobine à trois ou quatre couches. Les fils « Formex » à grande épaisseur d'isolement, en deux couleurs, permettent également de supprimer la mise en place de gaines pour les moteurs travaillant sous moins de 110 volts. On peut ainsi diminuer le volume des matériaux à disposer dans les encoches et sur les chignons en même temps la mise au collecteur est plus facile.

CHAPITRE X

BOBINAGE EN BOUCLE A LA MAIN PAS A DROITE, CONDUCTEURS AUX EXTRÉMITÉS DES ENCOCHES

Au contraire du bobinage à main à fil simple décrit aux chapitres V à VIII, le bobinage en boucles décrit dans ce chapitre peut s'exécuter à la main ou au tour avec deux ou plus de deux fils simultanément; il est possible d'utiliser autant de fils qu'il y a de sections par encoche.

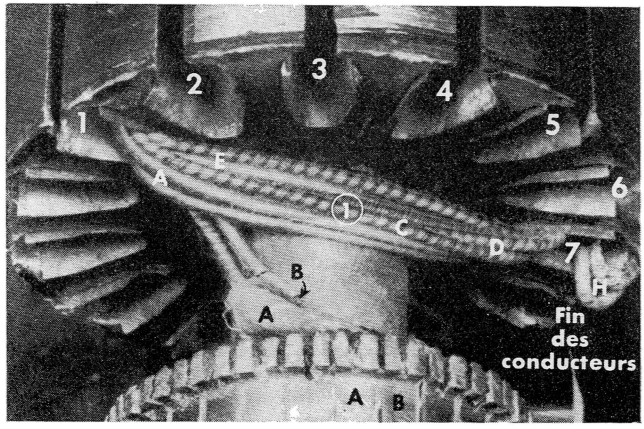


FIG. 94. — Vue côté collecteur de la section 1 avec les conducteurs inférieurs en place.

Il faut dans ce cas utiliser les tables 12 à 22 et les détails donnés au chapitre IV concernant le sens de rotation de l'induit et le pas des sections restent valables (reportez-vous aux figures 41A à 41F et 47A à 47C).

Le bobinage représenté est destiné à un moteur fonctionnant sous une tension inférieure à 110 volts; il est en fil émaillé sous une couche de coton. L'un des fils comporte un repère rouge sur la couche de coton, pour qu'il soit possible de distinguer les deux fils utilisés simultanément. Les conducteurs inférieurs sont reliés

au collecteur dès le début du bobinage de chaque section, comme on peut le voir sur les figures 94, en A et en B. Un ruban de papier, servant de cale, de 25 millimètres de large est placé entre les conducteurs inférieurs immédiatement derrière le collecteur, figure 95, en A.

L'induit comporte 14 encoches, 28 lames au collecteur, le pas est de 1 à 7, le moteur est bipolaire, et le fil de bobinage est un

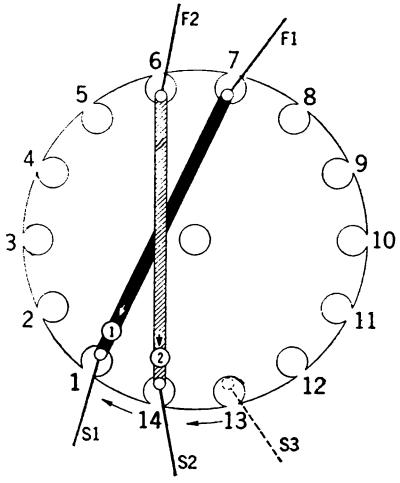


FIG. 95. — Début d'un bobinage en boucle exécuté au tour avec sections à pas à droite bobinées à gauche de l'arbre. L'induit est décalé dans le sens des aiguilles d'une montre ; les sections 1 et 2 sont bobinées de base à base dans les encoches 1 à 7 et 14 à 6. Conducteurs sortis côté collecteur. Voir table 14 et figures 41 à 47.

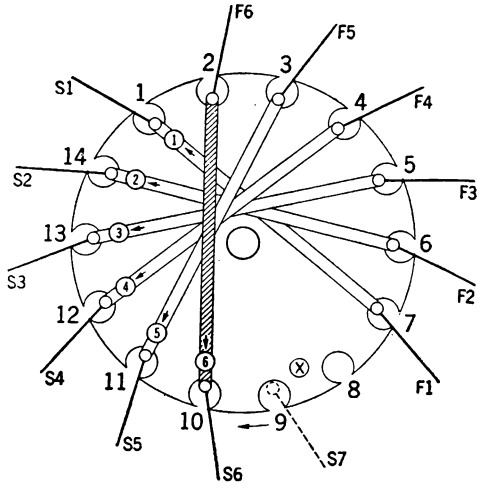


FIG. 98. — Les sections 5 et 6 sont bobinées de base à base dans les encoches 11 à 3 et 10 à 2. A ce stade, il reste deux encoches, en X, qui sont vides, entre la première et la dernière section mise en place, soit une de plus qu'il n'en faut pour finir la seconde moitié.

fil de 1,143 mm de diamètre; les conducteurs sont reliés aux lames 6, 7 et 8, la lame 1 étant à gauche du mica qui tombe dans l'axe de l'encoche 1. Il faut utiliser la table 14 de ce chapitre. Les sections passent à gauche de l'arbre, avec décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre, ce qui donne des sections à pas à droite. Tous les numéros d'encoches et de section donnés dans la table 14 correspondent à l'induit vu côté collecteur.

En commençant la première section, schéma de la figure 95, on relie les fils aux lames 8 et 7 du collecteur, figure 95; on passe alors dans la base de l'encoche 1, puis on passe dans l'encoche 7, à la base, et l'on revient, côté collecteur, dans l'encoche 1. Les sections de 6 spires se terminent en F1 dans l'encoche 7. La

figure 96 montre la première section en place, vue du côté opposé au collecteur, et la figure 94 montre les conducteurs inférieurs A et B ainsi que la section 1 dans les encoches 1 et 7, côté collecteur.

Remarquez, sur la figure 94, que le fil conducteur de couleur uniforme, blanc, repéré B, est relié à la lame 7 tandis que le fil

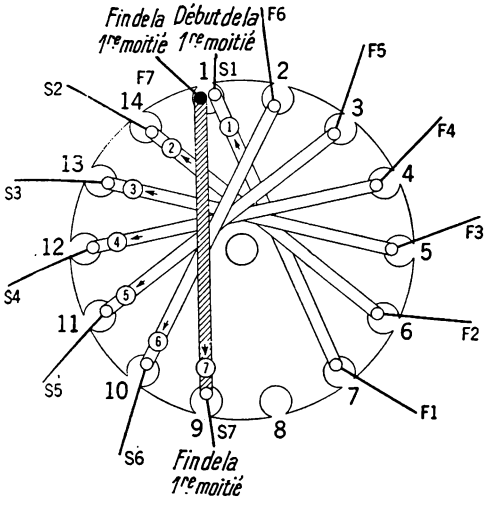


FIG. 100. — La section 7, fin de la première moitié, est bobinée de base à sommet de l'encoche 9 à l'encoche 1. La section sur laquelle s'achève la première moitié forme un V avec la section par laquelle cette première moitié a commencé. Dans ce cas, les sections 7 et 1 ont la base de leur V dans l'encoche de début. L'encoche 1 peut être calée une fois remplie ; elle renferme alors un conducteur de début et un conducteur de fin.

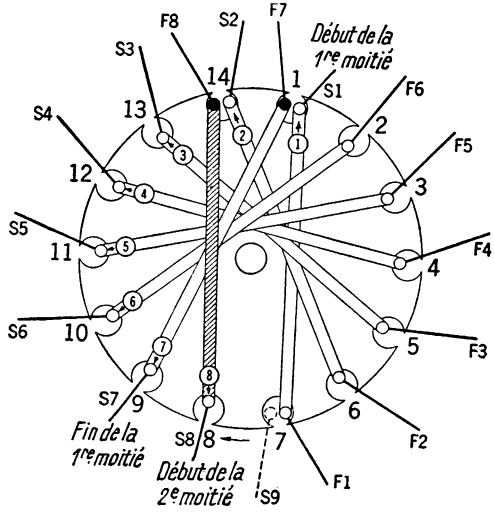


FIG. 101. — La section 8, par laquelle commence la seconde moitié est bobinée de base à sommet dans les encoches 8 à 14. Les sections de début de chaque moitié sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre (sections 1 et 8).

rouge et blanc repéré A est relié à la lame 8, c'est-à-dire à gauche de la lame 7. Avant de commencer la section 2, il faut relier le fil blanc à la lame 9; on peut alors relier le fil rouge et blanc à la lame 10. Cette disposition alternée rouge et blanc doit être poursuivie jusqu'à la fin du bobinage.

La figure 96 représente la première section en place, côté opposé au collecteur; la partie inférieure de l'encoche 1 se trouve à droite. Remarquez comment les fils sont disposés de A à B et de C à D; en E et F, la section passant immédiatement au-dessous

des encoches adjacentes. Toutes les photographies de ce chapitre ont été prises à partir d'un induit bobiné, que l'on déshabillait progressivement. On se rend ainsi mieux compte de la façon dont les sections sont formées au cours du bobinage.

La figure 94 représente la première section, n° 1, en place du côté collecteur de l'induit; remarquez comment les conducteurs

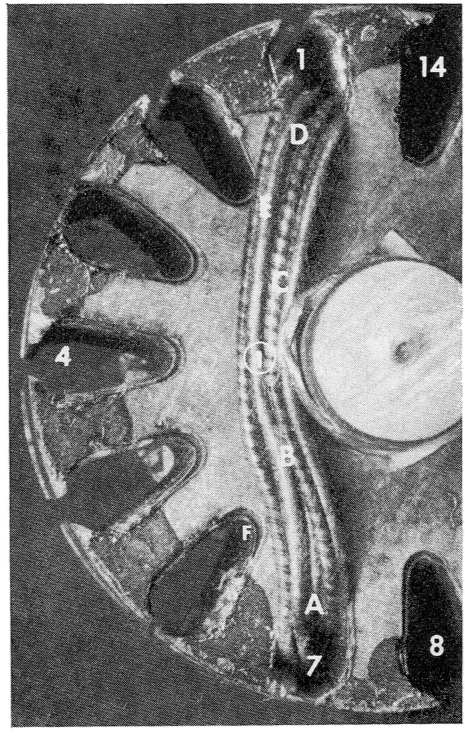


FIG. 96. — Vue arrière de la section 1 dans les encoches 1 et 7, de base à base, à gauche de l'arbre.

sont cintrés le long de l'arbre. On voit ainsi comment il faut ménager l'espace pour le reste du bobinage. Remarquez également comment les fils sont formés de A à E, de E à C et de C à D, avec cintrage de E à C pour contourner l'arbre. En H on voit les conducteurs de sortie, et il ne faut pas oublier que le chignon de chaque section comporte deux fils de moins du côté du collecteur, de A à D, que du côté opposé. Comparez les figures 94 à 96 et notez comment la première section est bobinée, avec formage des conducteurs d'entrée, mise au collecteur, etc., au fur

et à mesure que les autres sections sont mise en place. Toutes ces remarques sont de la plus haute importance. La figure 96 montre les tensions mécaniques que les rondelles d'extrémité de tôles d'induit supportent; elle explique pourquoi les isolements d'encoches doivent être renforcés quand ces rondelles isolantes sont détruites.

La figure 95 est la première d'une série de diagrammes qui montrent la progression du bobinage section après section. Chaque diagramme représente le côté collecteur de l'induit, avec le numérotage des encoches de 1 à 14 dans le sens des aiguilles d'une montre. L'encoche située à la gauche de l'observateur, qui renferme le sommet de chaque section bobinée, est l'encoche par laquelle passent les sorties de la dernière section mise en place. Les sections sont numérotées de 1 à 14 dans l'ordre de leur bobinage et les conducteurs sont marqués « entrée 1-2 » et « sortie 1-2 », etc., pour chaque section.

La figure 95 montre la première section hachurée dans les encoches 1 et 7, avec en 1 les entrées. Cette section est représentée sur la figure 94.

La seconde section est bobinée dans les encoches 14 et 6, comme on peut le voir sur les figures 95 et 97. Ainsi, le bobinage progresse dans le sens des aiguilles d'une montre du côté opposé au collecteur de l'induit. La figure 97 montre la vue arrière de la section 2 dans les encoches 14 et 6, en E. Les extrémités de la section doivent passer au dessus de l'encoche 5. Notez la forme des conducteurs de B à C, au croisement de la section 1, tandis qu'ils sont cintrés en A et D; en d'autres termes, les sections sont courbées à un rayon donné de B en C, ce rayon ayant son centre sur l'axe de l'arbre. En E, figure 97, on peut voir comment le cintrage des extrémités de section, au-dessous de la partie inférieure de l'encoche suivante, permet à la section suivante de passer sans qu'elle vienne à son tour obstruer l'encoche suivante. Cette remarque est importante dans tous les bobinages à la main.

Les sections 3 et 4 sont représentées sur la figure 98, la section 3 dans les encoches 13 et 5, la section 4 dans les encoches 12 et 4. Notez que toutes les sections vont de la base d'une encoche à la base d'une autre. Autrement dit, les deux extrémités des sections passent à la partie inférieure des encoches. Bien que nous appelions la demi-section qui passe dans les encoches 4, 5, 6 et 7 demi-section supérieure, car elle renferme les conducteurs de sortie de chaque section, il ne faut pas oublier l'expression « de base à base » ni les deux autres expressions, que nous donne-

rons par la suite, et qui sont expressions courantes dans les ateliers de bobinage.

La figure 98, conjointement à la table 14, représente l'arrière des sections 5 et 6 respectivement dans les encoches 11 à 3 et 10 à 2. Les sections sont toujours bobinées de base à base; il ne reste plus que les deux encoches 8 et 9 inoccupées. Toutes les autres encoches renferment une demi-section.

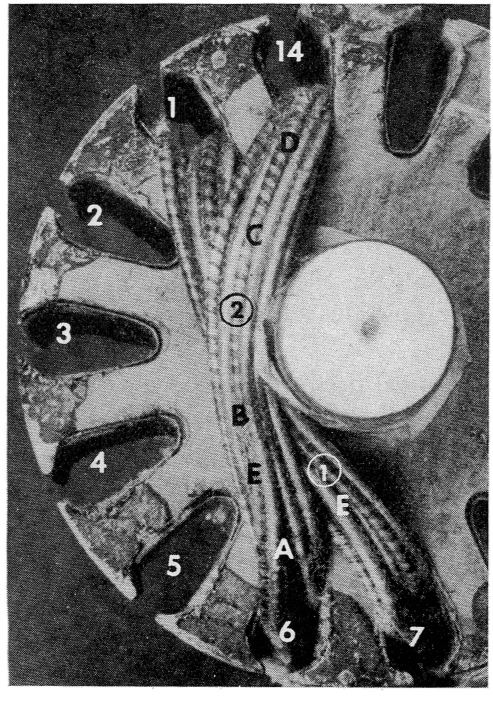


FIG. 97. — Vue arrière de la section 2, bobinée de base à base dans les encoches 14 et 6.

La figure 99 représente six sections vues de l'arrière, conformément à la table 14 et à la figure 98. En comparant ces schémas aux photographies de l'arrière de l'induit, il faut toujours faire tourner le diagramme du même angle; par exemple, le schéma de la figure 98 doit être retourné de 180° pour correspondre à la figure 99. Sur cette figure, notez en E que la forme des extrémités de section a permis de laisser libre la place de la section 7, qui passe en F. Remarquez que l'enroulement a été maintenu au-dessous du sommet de la demi-section dans les encoches 1 et 14. On voit en H les sorties des dix sections. Il faut les laisser

libres, pour des raisons que nous donnerons par la suite. Remarquez entre B et C l'élargissement S de l'enroulement. Si l'on compare les têtes de sections entre elles à ce stade du bobinage, on peut se rendre compte que cet élargissement augmente de plus en plus entre B et C au fur et à mesure que l'on met plus de sections en place.

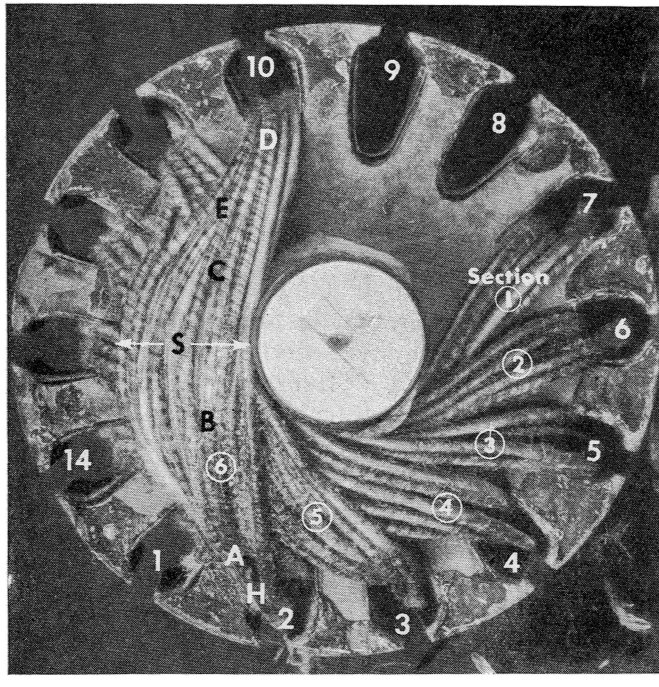


FIG. 99. — Vue arrière, avec la section 6 bobinée de base à base, comme sur la figure 98. Induit à 14 encoches, pas de 1 à 7. Cette section est la dernière bobinée de base à base.

La septième section d'un induit à 14 encoches joue un rôle particulier qui est le suivant :

1° Elle marque la moitié du bobinage;

2° Elle est la première section de base à sommet d'encoche;

3° Elle forme un V entre les encoches 7 et 9, et cette caractéristique essentielle de l'enroulement divisé à boucle sera décrite par la suite;

4° On peut commencer à poser les cales d'encoche à ce stade. Nous traiterons ce point en détail par la suite;

5° Elle marque la fin de la première moitié du bobinage.

Le schéma de bobinage, figure 100, ainsi que la table 14, montrent que la section 7 est bobinée dans les encoches 9 et 1. Cette section commence à la base de l'encoche 9 et se termine à la partie supérieure de l'encoche 1, sur la section 1; autrement dit, elle est bobinée de base à sommet.

La figure 100, aussi bien que la table 14, montrent que cette section est la première à être bobinée de base à sommet. Comme elle remplit l'encoche 1, il est possible de disposer la cale d'encoche qui, en même temps qu'elle maintient le bobinage en place, ferme cette encoche. Certains bobineurs préfèrent caler au fur et à mesure qu'ils bobinent, tandis que d'autres attendent la fin du bobinage. Ce type de bobinage détermine également le meilleur moment pour caler; quand les encoches sont très remplies, il est préférable de caler au fur et à mesure.

La septième section, figure 100, fait, avec la section 1, un V de l'encoche 7 à l'encoche 1 et de l'encoche 1 à l'encoche 9, ce qui laisse une encoche, n° 9, entre les branches du V. Ce fait est caractéristique de l'enroulement divisé; le début de la seconde moitié achève le remplissage des encoches. Ce mode de bobinage sera décrit dans un chapitre ultérieur.

La huitième section est mise en place conformément au schéma de la figure 101 et à la table 14. Cette section est la seconde et dernière section à être bobinée de base à sommet. Elle est également la première section parallèle à une autre que l'on met en place, figure 101; elle est parallèle à la section 1, mais elle passe de l'autre côté de l'arbre. Cette section est également la première de la seconde moitié.

La figure 102 montre la section 8 mise en place de l'encoche 8 (vue arrière, côté opposé au collecteur) à l'encoche 14, qu'elle remplit. En S, les conducteurs sont largement étalés et ils n'atteignent pas le niveau supérieur des fils qui passent dans les encoches 13 à 9. La même figure montre que toutes les encoches sont remplies à moitié, sauf les n^{os} 1 et 14 qui sont totalement remplies. Il en résulte que toutes les autres sections, c'est-à-dire les six dernières, seront bobinées de sommet à sommet, ce qui produit un autre changement important dans ce bobinage en boucle, ce que l'on peut repérer comme le moment où il ne reste plus qu'une seule dent d'induit visible, représentée en E, figure 102, entre la première section mise en place et celle qui porte le numéro supérieur d'une unité à la moitié du nombre total de sections (dans ce cas, $7 + 1 = 8$, soit huitième section).

On peut déduire de la table 14 et du schéma de la figure 103

que la section 9 est la première à être bobinée de sommet à sommet, qui remplisse deux encoches en même temps. On atteint, avec la section 9, un stade auquel, dans un bobinage en boucle, un peu plus de temps passé se traduira par une économie de

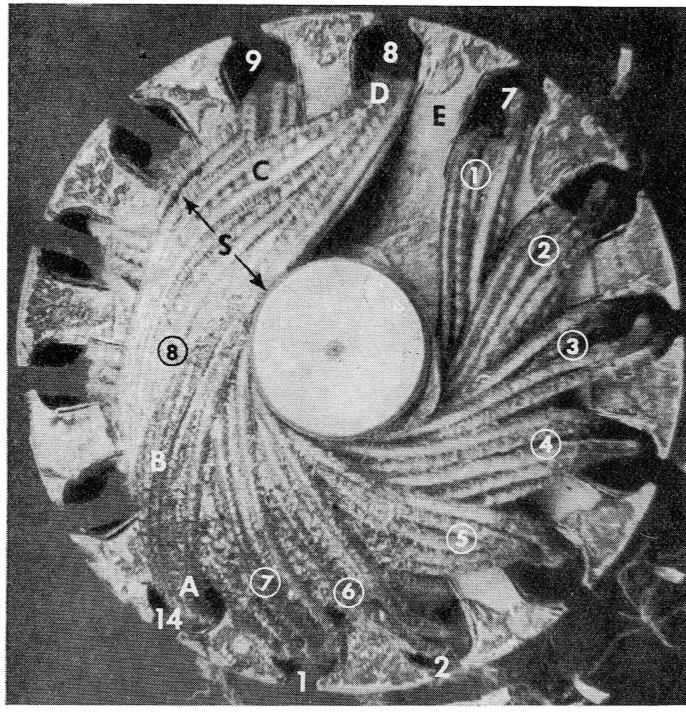


FIG. 102. — Vue arrière, avec la section 8 bobinée de base à sommet dans les encoches 8 à 14, comme sur la figure 101 ; cette section marque le début de la seconde moitié. Les encoches 1 et 14 sont pleines, tandis que toutes les autres sont à demi-remplies.

temps dans la mise au collecteur, tout en donnant une meilleure disposition des conducteurs supérieurs allant des sections au collecteur; comme nous l'expliquerons ci-dessous, il est maintenant possible de sortir tous les fils de sortie du sommet de toutes les encoches.

Fils de sortie au sommet des encoches. — Dans les bobinages en boucle, quand on a atteint le stade des sections bobinées de sommet à sommet, on peut sortir de leur encoche les fils de sortie F2 de la section disposée dans l'encoche de départ, ou encoche 6 (fig. 103), pour les recourber vers le côté de l'induit opposé au collecteur. On met alors en place la section 9

et on ramène les conducteurs de sortie au sommet de l'encoche. On peut répéter cette méthode pour toutes les sections bobinées de sommet à sommet, ce qui amène tous les fils de sortie à apparaître du sommet des encoches.

La figure 104 montre la vue arrière de la section 10, bobinée de sommet à sommet, de l'encoche 6 à l'encoche 12; les deux fils de sortie de la section 2 sont visibles, ramenés du sommet de l'encoche 10 à l'encoche 6. Identiquement, on peut voir dans l'en-

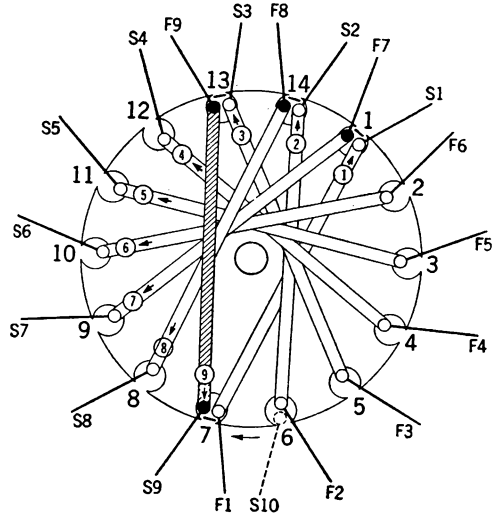


FIG. 103. — La seconde section de la seconde moitié est toujours bobinée de sommet à sommet ; elle marque le début du moment où chaque section mise en place achève de remplir deux encoches, qui peuvent être calées. La section 9, dans ce cas, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 7 à 13. Notez que les secondes sections de chaque moitié sont parallèles (sections 2 et 9).

coche 7 les fils de sortie de la section 1 ramenés au sommet de l'encoche. On peut encore dire que les fils de sortie de toutes les sections de 1 à 6, soit une section de moins que la moitié du nombre total de sections, doivent être sortis des encoches avant de commencer le remplissage de l'encoche dans laquelle ils passent.

Une étude des figures 98 et 103 montrera comment il est possible, dans le cas d'un bobinage en boucle, de faire sortir tous les fils de fin de section du sommet des encoches. Cette manière de faire présente un avantage marqué quand tous les conducteurs de la couche inférieure (des liaisons au collecteur) ont été reliés au collecteur alors que l'on commençait à bobiner la section. Sur la figure 101, notez que les encoches 8 à 14, plus une, ont toutes

un conducteur d'entrée, alors que les encoches 1 et 14 ont également un conducteur de sortie au sommet de l'encoche. Les encoches 7 à 2 ont un conducteur de sortie au centre de l'encoche. Les encoches 7 et 8 forment le point de division entre les enco-

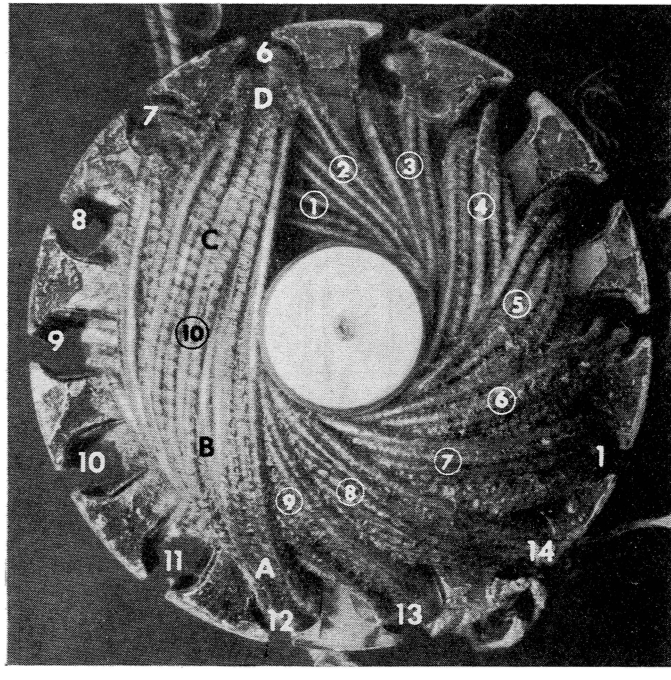


FIG. 104. — Vue arrière avec la section 10 bobinée de sommet à sommet, comme sur la figure 106. Six encoches, 6, 7, 12, 13, 14 et 1 sont remplies.

ches qui ont des conducteurs d'entrée et de sortie dans leur demi-section inférieure, et ce, quand la première section parallèle à la section 1 est mise en place de l'autre côté de l'arbre. A partir de ce moment, chaque section suivante commencera dans une encoche qui comporte un conducteur de sortie venant de la section qui garnit le fond de l'encoche. On peut exprimer sous forme de règle :

Pour ramener tous les conducteurs de sortie au sommet des encoches, il faut en premier lieu les sortir des encoches après bobinage de la première section parallèle à la section 1, ou quand on bobine la première section de sommet à sommet, avant de bobiner les sections suivantes.

La figure 103 montre que la section 9 a été commencée dans

l'encoche 7, qui renferme les fils de sortie de la section 1; on a donc soulevé les fils de sortie de la section 1 de l'encoche 7 avant de commencer le bobinage de la section 9 dans l'encoche 7. Ensuite, une fois la section 9 achevée, les fils de sortie de la section 1 ont été ramenés de l'arrière de l'encoche 7 au sommet de la section 9, comme on peut le voir en H1 sur la figure 104. Identique-

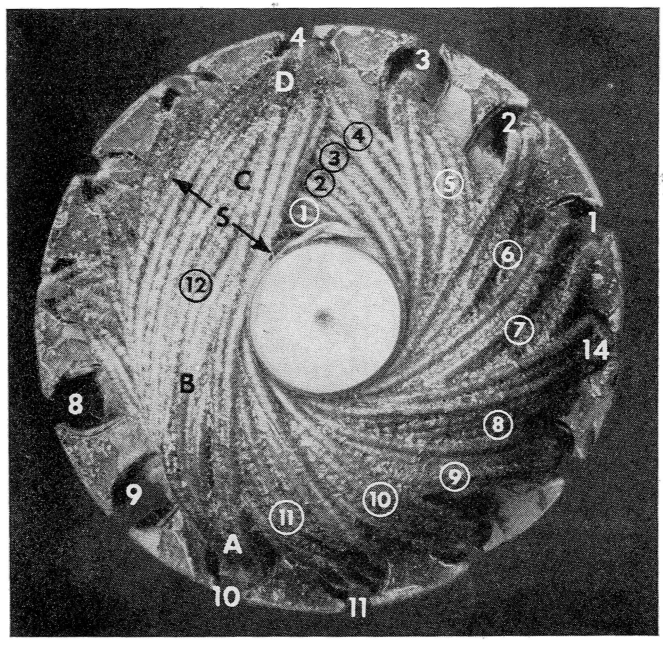


FIG. 105. — Vue arrière avec la section 12 bobinée de sommet à sommet, comme sur la figure 106. Quatre encoches, 2, 3, 8 et 9 sont à demi remplies, prêtes à recevoir les sections 13 et 14.

ment, les fils de sortie de la section 2, figure 103, sont levés hors de l'encoche 6 avant de mettre en place la section 10 dans cette même encoche. Quand la section 10 est terminée, les fils de sortie de la section 2 sont ramenés de l'arrière de l'encoche 6 au sommet de la section 10, en D6, figure 104.

On continue suivant la même méthode, et on arrive au résultat suivant : un bobinage en boucle est celui dans lequel tous les conducteurs de début partent des bases d'encoches pour aller sous les têtes de sections rejoindre les lames du collecteur, tandis que tous les conducteurs de sortie sortent des sommets d'encoches.

Les fils de sortie de ces quelques sections peuvent être renfor-

cés au moyen de fish papier, que l'on dispose entre ces conducteurs et la section sur laquelle ils reposent, à l'endroit où ils croisent la tête de cette section, du côté opposé au collecteur. Il y a intérêt à opérer de cette façon pour les moteurs fonctionnant sous 110 volts ou plus, ainsi que lorsque l'induit doit subir un essai en haute fréquence.

La mise en place des sections 10, 11 et 12 de sommet à sommet est représentée sur la figure 106, sur laquelle la section 11 com-

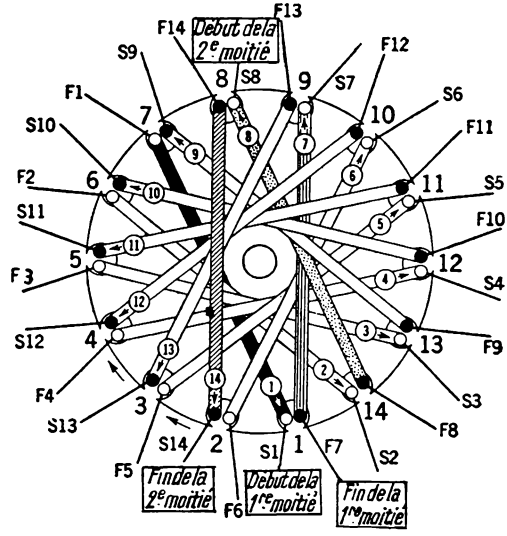


FIG. 106. — Les deux dernières sections, 13 et 14, ont été bobinées de sommet à sommet dans les encoches 3 à 8 et 2 à 8. Notez que les sections 14 et 7, par lesquelles s'achèvent les deux moitiés, sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre. De même, les sections 1 et 8, par lesquelles commencent la première et la seconde moitié sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre. Dans l'encoche 1, la première moitié commence par le conducteur S1 et s'achève par le conducteur F7. Dans l'encoche 14 commence la seconde moitié par le conducteur S8 ; elle s'achève dans la même encoche par le conducteur F14.

mence dans l'encoche 5 après levage des fils de sortie de la section 3. La section 12 commence dans l'encoche 4 après levage des fils de sortie de la section 4.

La figure 105 montre l'arrière de la section 12 passé à l'arrière de l'induit conformément à la figure 106 et à la table 14. En S, la section et les fils de sortie sont étalés en une couche unique pour libérer les encoches 8 et 9. En H les conducteurs de sortie de la section 4 sont ramenés au sommet de l'encoche 4 par-dessus la première demi-section 12.

Sur les figures 106 et 107, on voit la mise en place des deux

dernières sections. Le schéma, figure 106, montre que la section 13 est bobinée de sommet à sommet, à partir de l'encoche 3. Après levage des fils de sortie de la section 5, on commence la section 14 dans l'encoche 2, les fils de sortie de la section 6 ayant été également levés. La dernière section, n° 14, remplit les encoches 2 et 8; elle est parallèle à la section 7 et forme un V avec la section 6.

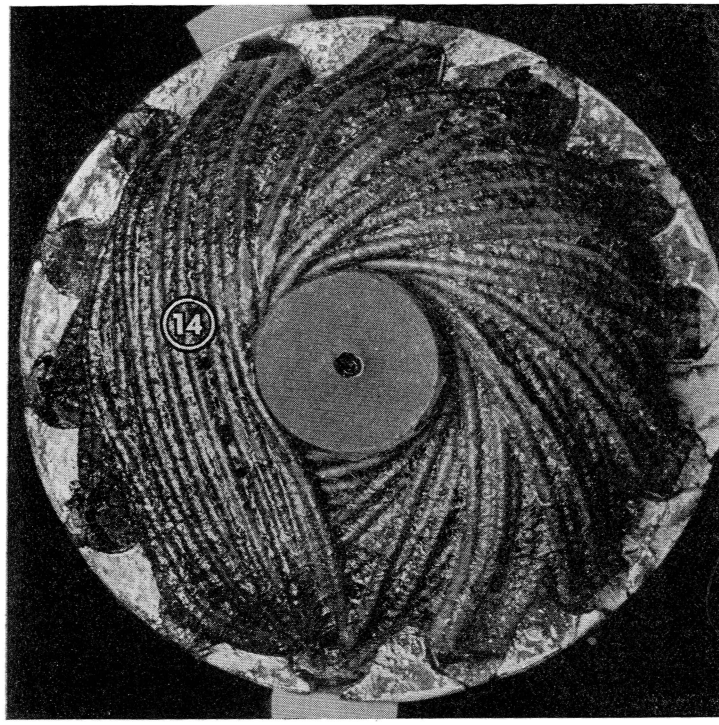


FIG. 107. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet, dans les encoches 2 et 8, comme sur la figure 106. Toutes les encoches sont calées.

La figure 107 représente le bobinage terminé, calé, avec la section 14 en place. Notez l'écartement des fils entre les encoches 2 et 8. Remarquez également comment les conducteurs de sortie sont ramenés au sommet des encoches.

La table 14 ainsi que les figures 94 à 107 montrent le déroulement de ce bobinage. Toutes les photographies méritent un examen attentif, car elles montrent un bobinage réel d'usine débobiné section après section, et l'on peut apprendre beaucoup en observant les diverses formes des sections, le pliage des conducteurs, la mise en place des isolants, etc.

Tables pour le bobinage en boucle. — On peut utiliser les tables 12 à 22, conjointement aux figures 94 à 107, comme guide et comme point de départ quel que soit le nombre d'encoches, le pas, le nombre de sections et les connexions au collecteur. Ainsi, ces onze tables, d'une lecture facile, peuvent être utilisées pour bobiner les induits à 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 et 30 encoches de moteurs bipolaires à bobinage en boucle, dont le pas est inférieur d'une encoche au pas diamétral.

Ces tables sont réalisées sur les mêmes bases que la table 18, c'est-à-dire avec numérotation dans le sens des aiguilles d'une montre des encoches en considérant l'induit côté collecteur; elles s'appliquent à un induit vu côté opposé au collecteur, les sections étant numérotées en sens inverse des aiguilles d'une montre, fil bobiné en se tenant du côté du collecteur, de droite à gauche ou du sommet à la base, la partie inférieure se trouvant à droite de l'arbre. Ces tables s'appliquent au bobinage en boucle.

Les bobinages à pas à gauche peuvent être réalisés en utilisant les tables 1 à 22 en tenant compte des légères modifications suivantes : numérotez les encoches en sens inverse des aiguilles d'une montre, et les sections dans le sens des aiguilles d'une montre; faites passer le fil considéré du côté opposé au collecteur de gauche à droite.

Les sections de base à base pour les induits de 10 à 30 encoches peuvent être déduites des tables 1 à 11, dans lesquelles toutes les sections portées au dessus de la ligne pointillée sont bobinées de base à base; la table 3 donne 6 sections de ce type, et la table 11, pour un induit à 30 encoches, 14.

Les sections de base à sommet sont toujours au nombre de 2, comme l'indiquent les tables 1 à 11, quand l'induit a un nombre pair d'encoches. Il est par conséquent possible de caler ces induits après le bobinage de la dernière section de base à base.

Les sections de sommet à sommet se déterminent en commençant à l'astérisque (*) sur les tables; quand on a atteint ce stade, il est possible de lever les conducteurs de sortie des sections portées au dessus de la ligne pointillée. Il en résulte que l'astérisque joue un rôle important dans ces tables si l'on veut ramener tous les conducteurs de sortie au sommet des encoches.

BOBINAGE EN BOUCLE A PAS A DROITE AVEC DÉCALAGE DE L'INDUIT EN SENS INVERSE DES AIGUILLES D'UNE MONTRE

Les données précédentes se rapportent à un bobinage à pas à droite avec conducteurs aux extrémités des encoches, sections

bobinées à gauche de l'arbre, induit décalé dans le sens des aiguilles d'une montre entre sections pour obtenir le nombre maximum de conducteurs de sortie au sommet des encoches.

Les figures 108 et 110 sont destinées à montrer l'influence d'un décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre, tout en conservant le même type de bobinage, ce qui se traduit par un plus petit nombre de sections de base à sommet.

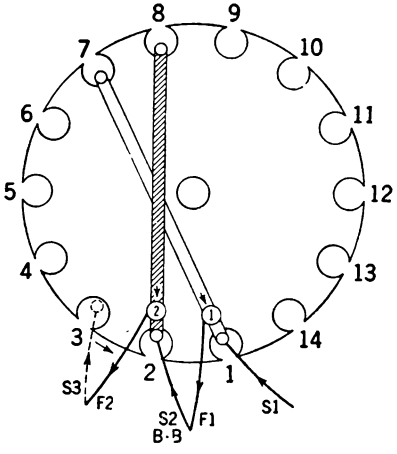


FIG. 108. — Début d'un bobinage en boucle avec les conducteurs des sections 1 et 2 ; elles sont bobinées de base à base dans les encoches 1 à 7 et 2 à 8 (table 3). L'induit est décalé en sens inverse des aiguilles d'une montre. Comparez avec la figure 95.

La figure 108 montre les sections 1 et 2 bobinées de base à base dans les encoches 1 à 7 et 2 à 8, conformément aux indications de la table 3; si vous comparez à la figure 95, vous trouverez que les différences essentielles sont (1) décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre sur la figure 108; (2) numérotage des encoches dans le sens des aiguilles d'une montre dans les deux cas; (3) numérotage des sections dans le sens des aiguilles d'une montre sur la figure 108 et en sens inverse sur la figure 95. Il en résulte que le changement de sens du décalage de l'induit se traduit par une modification de l'ordre des sections.

La figure 109 montre les sections 1 à 6 en position avec décalage de l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre. On peut la comparer à la figure 98; la différence principale réside dans l'emplacement des deux dernières encoches vides. Sur la figure 98, ce sont les encoches 8 et 9 qui se trouvent à la base, en position pour recevoir les conducteurs de départ des deux sections suivantes. Sur la figure 109, les deux encoches vides sont les encoches 13 et 14 au sommet, qui recevront les fils de sortie des deux sections médianes.

La figure 109 montre que la dernière section de la première moitié, section 7, table 3, est bobinée de sommet à base, ce qui amène le conducteur de sortie F7 au centre de l'encoche 13, donc enfoui sous une autre demi-section. Sur la figure 100, la dernière section de la première moitié est bobinée de base à sommet

dans les encoches 9 à 2, ce qui amène le conducteur de sortie F7 au sommet de l'encoche 2.

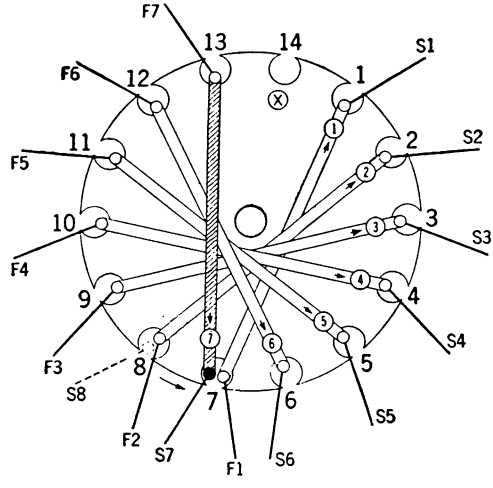


FIG. 109. — La section 7, qui achève la première moitié est bobinée de sommet à base dans les encoches 7 à 13. La section 7 remplit l'encoche 7 qui peut être calée ; cette encoche est également la première à avoir un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie. Les sections 1 et 7 forment un V dont la base se trouve dans l'encoche 7 ; l'ouverture du V enferme, en X, une encoche vide (voir figure 100).

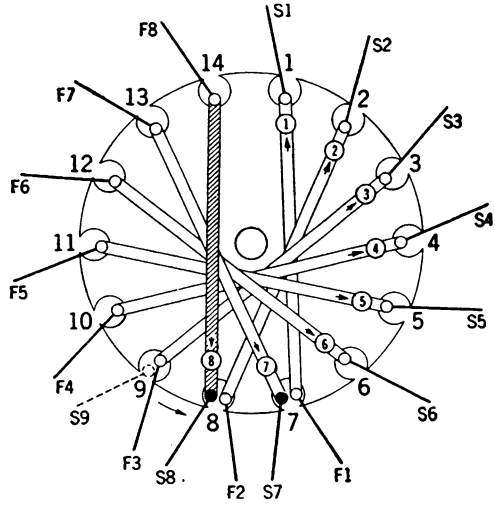


FIG. 110. — La section 8, par laquelle débute la seconde moitié, est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 14 ; l'encoche 8 est pleine et peut être calée. La section 8 est parallèle à la section 1, ou le début de la première moitié est parallèle au début de la seconde. La section 8 forme également un V avec la section 2 (voir figure 101).

La figure 110 montre la première section de la seconde moitié, section 8, bobinée de sommet à base dans les encoches 8 et 14; autrement dit, avec décalage d'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre, sur un induit à 14 encoches, il y a huit conducteurs de sortie enfouis sous des demi-sections supérieures. La figure 101 montre la première section de la seconde moitié, section 8, bobinée de base à sommet, avec le conducteur de sortie F8 au sommet de l'encoche 14; ainsi le décalage de l'induit dans le sens des aiguilles d'une montre donne seulement six conducteurs de sortie, de F1 à F6, enfouis sous des demi-sections supérieures.

Par suite, quel que soit le bobinage en boucle considéré, l'influence du sens de décalage de l'induit sur le nombre de conducteurs enfouis doit être pris en considération.

TABLE 12

10 encoches, pas de 1 à 5

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 5	Base à Base
2	10 à 4	
3	9 à 3	
4	8 à 2	
5	7 à (1)[1]	Base à Sommet
6	6 à (10)	
7	5 à 9	Sommet à Sommet
8	4 à 8	
9	3 à 7	
10	2 à 6	

TABLE 13

12 encoches, pas de 1 à 6

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 6	Base à Base
2	12 à 5	
3	11 à 4	
4	10 à 3	
5	9 à 2	
6	8 à (1)[2]	Base à Sommet
7	7 à (12)	
8	6 à 11	Sommet à Sommet
9	5 à 10	
10	4 à 9	
11	3 à 8	
12	2 à 7	

(1) Les nombres encerclés comme (1) et (10) indiquent les deux premières sections bobinées de base à sommet et les encoches remplies (voir les figures 41 à 48, chapitre IV).

(2) Voir table 12.

TABLE 14*

14 encoches, pas de 1 à 7

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 7	Base à Base
2	14 à 6	
3	13 à 5	
4	12 à 4	
5	11 à 3	
6	10 à 2	
7	9 à (1)[3]	Base à Sommet
8	8 à (14)	
9	7 à 13	Sommet à Sommet
10	6 à 12	
11	5 à 11	
12	4 à 10	
13	3 à 9	
14	2 à 8	

(*) Voir figures 94 à 104, chapitre X.
(3) (4) Voir table 12.

TABLE 15

16 encoches, pas de 1 à 8

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 8	Base à Base
2	16 à 7	
3	15 à 6	
4	14 à 5	
5	13 à 4	
6	12 à 3	
7	11 à 2	
8	10 à (1)[4]	Base à Sommet
9	9 à (16)	
10	8 à 15	Sommet à Sommet
11	7 à 14	
12	6 à 13	
13	5 à 12	
14	4 à 11	
15	3 à 10	
16	2 à 9	

TABLE 16

18 encoches, pas de 1 à 9

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 9	Base à Base
2	18 à 8	
3	17 à 7	
4	16 à 6	
5	15 à 5	
6	14 à 4	
7	13 à 3	
8	12 à 2	
9	11 à (1)[1]	Base à Sommet
10	10 à (18)	
11	9 à 17	Sommet à Sommet
12	8 à 16	
13	7 à 15	
14	6 à 14	
15	5 à 13	
16	4 à 12	
17	3 à 11	
18	2 à 10	

(1) Voir table 12.

TABLE 17

20 encoches, pas de 1 à 10

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 10	Base à Base
2	20 à 9	
3	19 à 8	
4	18 à 7	
5	17 à 6	
6	16 à 5	
7	15 à 4	
8	14 à 3	
9	13 à 2	
10	12 à (1)[1]	Base à Sommet
11	11 à (20)	
12	10 à 19	Sommet à Sommet
13	9 à 18	
14	8 à 17	
15	7 à 16	
16	6 à 15	
17	5 à 14	
18	4 à 13	
19	3 à 12	
20	2 à 11	

TABLE 18

22 encoches, pas de 1 à 11

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 11	
2	22 à 10	
3	21 à 9	
4	20 à 8	
5	19 à 7	Base
6	18 à 6	à
7	17 à 5	Base
8	16 à 4	
9	15 à 3	
10	14 à 2	
11	13 à (1)[1]	Base
12	12 à (22)	à Sommet
13	11 à 21	
14	10 à 20	
15	9 à 19	
16	8 à 18	
17	7 à 17	Sommet
18	6 à 16	à
19	5 à 15	Sommet
20	4 à 14	
21	3 à 13	
22	2 à 12	

(1) Voir table 12.

TABLE 19

24 encoches, pas de 1 à 12

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 12	
2	24 à 11	
3	23 à 10	
4	22 à 9	
5	21 à 8	Base
6	20 à 7	à
7	19 à 6	Base
8	18 à 5	
9	17 à 4	
10	16 à 3	
11	15 à 2	
12	14 à (1)[1]	Base
13	13 à (24)	à Sommet
14	12 à 23	
15	11 à 22	
16	10 à 21	
17	9 à 20	
18	8 à 19	Sommet
19	7 à 18	à
20	6 à 17	Sommet
21	5 à 16	
22	4 à 15	
23	3 à 14	
24	2 à 13	

TABLE 20

26 encoches, pas de 1 à 13

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 13	
2	26 à 12	
3	25 à 11	
4	24 à 10	
5	23 à 9	
6	22 à 8	Base
7	21 à 7	à
8	20 à 6	Base
9	19 à 5	
10	18 à 4	
11	17 à 3	
12	16 à 2	
13	15 à (1)[1]	Base
14	14 à (26)	à Sommet
15	13 à 25	
16	12 à 24	
17	11 à 23	
18	10 à 22	
19	9 à 21	
20	8 à 20	Sommet
21	7 à 19	à
22	6 à 18	Sommet
23	5 à 17	
24	4 à 16	
25	3 à 15	
26	2 à 14	

(1) Voir table 12.

TABLE 21

28 encoches, pas de 1 à 14

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 14	
2	28 à 13	
3	27 à 12	
4	26 à 11	
5	25 à 10	
6	24 à 9	Base
7	23 à 8	à
8	22 à 7	Base
9	21 à 6	
10	20 à 5	
11	19 à 4	
12	18 à 3	
13	17 à 2	
14	16 à (1)[1]	Base
15	15 à (28)	à Sommet
16	14 à 27	
17	13 à 26	
18	12 à 25	
19	11 à 24	
20	10 à 23	
21	9 à 22	Sommet
22	8 à 21	à
23	7 à 20	Sommet
24	6 à 19	
25	5 à 18	
26	4 à 17	
27	3 à 16	
28	2 à 15	

TABLE 22

30 encoches, pas de 1 à 15

Section n°	Sections bobinées de l'encoche n° à l'encoche n°	La section va de
1	1 à 15	
2	30 à 14	
3	29 à 13	
4	28 à 12	
5	27 à 11	
6	26 à 10	
7	25 à 9	Base
8	24 à 8	à
9	23 à 7	Base
10	22 à 6	
11	21 à 5	
12	20 à 4	
13	19 à 3	
14	18 à 2	
15	17 à (1)[1]	Base
16	16 à (30)	à Sommet
17	15 à 29	
18	14 à 28	
19	13 à 27	
20	12 à 26	
21	11 à 25	
22	10 à 24	
23	9 à 23	Sommet
24	8 à 22	à
25	7 à 21	Sommet
26	6 à 20	
27	5 à 19	
28	4 à 18	
29	3 à 17	
30	2 à 16	

(1) Voir table 12.

CHAPITRE XI

ENROULEMENT A SECTIONS PARALLÈLES DEUX A DEUX

L'étude des enroulements en boucle décrits dans les chapitres précédents montrera qu'après avoir commencé la seconde moitié de l'enroulement, nous avons des sections parallèles entre elles, de part et d'autre de l'arbre. Cette disposition conduit à une autre méthode de bobinage appelée « enroulement à sections parallèles deux à deux », car on le réalise en montant toujours les sections deux par deux, ou par paires parallèles.

Ce type de bobinage peut être réalisé au tour ou à la main, avec des sections à droite ou à gauche de l'arbre. On exécute le plus souvent cet enroulement en laissant les conducteurs sortir aux extrémités des deux encoches occupées par une section, en coupant le fil après chaque section, avec autant de dévidoirs qu'il y a de conducteurs dans une section.

L'enroulement décrit dans ce chapitre correspond à un pas de section à droite bobiné sur le côté gauche de l'arbre, comme celui des figures 41 à 45 B. Cet enroulement peut être étudié en deux parties, la première quand le pas est pair et la seconde quand il est impair. La première, à pas pair, comme 1 à 7, soit 6, comporte l'utilisation des tables 23 et 26.

Cette première partie traitera des induits à nombre pair d'encoches à pas pair, par exemple, un induit à 14 encoches et pas de 1 à 7, soit 6.

L'expression « parallèles deux à deux » provient de la méthode de bobinage de l'induit. Comme ces deux sections sont bobinées de chaque côté de l'arbre et qu'elles sont parallèles entre elles, le bobinage progresse par groupes de deux sections, comme nous le montrerons par la suite.

Combinaison du pas et des encoches. — L'enroulement en boucle à sections parallèles deux à deux se divise en deux groupes comme l'indique la table 23, suivant le nombre d'encoches et

le pas des sections. Ce mode d'enroulement ne peut s'appliquer qu'aux moteurs bipolaires et le début de la seconde section parallèle est fonction du nombre d'encoches et du pas.

L'induit doit avoir un nombre pair d'encoches, et, dans le cas des moteurs bipolaires, le pas peut être pair ou impair tel que 5 (de 1 à 6), ou 6 (de 1 à 7).

Un pas de section impair demande un pas d'encoche pair, avec un compte de 1 et 3 entre les deux sections parallèles (voir table 23). Un pas de section pair nécessite un pas d'encoches impair avec un compte de 1 à 4 dans le bobinage et entre les deux sections parallèles. La table 23 donne la liste des nombres d'encoches et des pas de section, pairs ou impairs et indique le nombre nécessaire (ou compte) entre les sections parallèles avant de commencer la seconde moitié.

Le pas de section doit être inférieur d'une unité au pas diamétral. Par exemple, un induit à 12 encoches pour moteur bipolaire a un pas diamétral de $12/2 = 6$, soit 1 à 7. Il en résulte que le pas pour un bobinage à sections parallèles deux à deux doit être de $12/2 = 6 - 1 = 5$, soit 1 à 6.

On voit sur la table 23 que l'enroulement nécessite un nombre pair d'encoches et que n'importe quel nombre d'encoches divisible par 4 aura un pas de section impair, en même temps qu'il aura un compte de 1 à 3 entre les sections parallèles deux à deux.

Division en groupes. — Dans notre étude de l'enroulement à sections parallèles deux à deux, nous diviserons l'enroulement en groupes de deux sections, tels que sections 1 et 2, sections 3 et 4, etc., en nous aidant de tables, de croquis et de photographies pour chacun des groupes. La table 23 nous oriente sur la table de bobinage convenable, telle que la table 24, la table 25, etc., en fonction du nombre d'encoches. Ensuite, nous utiliserons la table de bobinage, table 26, pour un pas de section pair.

Tables de bobinages. — Chacune des tables de bobinage montre (1) le numéro de chaque section dans la série de mise en place; (2) le numéro d'encoche à partir de laquelle et vers laquelle chaque section doit être bobinée, le premier numéro indiquant dans quelle encoche la section commence; (3) comment les sections sont bobinées, par exemple, de base à base, etc., et (4) le nombre de moitiés.

Groupe 1. Sections 1 et 2. — Pour montrer comment un enroulement à sections parallèles deux à deux se monte sur un

induit, nous prendrons l'exemple d'un induit à 14 encoches, 28 lames au collecteur, bobiné avec 8 spires de fil isolé émaillé sous couche de coton de diamètre 0,81 mm avec un pas de section de 1 à 7; ainsi, le nombre d'encoches et le pas de section sont pairs. La table 23 indique que le compte à la moitié est de 1 à 4, et qu'il faut utiliser la table de bobinage 26.

Dans tous les raisonnements suivants, l'induit est bobiné, et les photographies ont été prises en le deshabillant progressivement, section après section. L'induit considéré était bobiné à droite et le fil de départ sur tous les schémas de bobinage se trouve sur la gauche. Chaque schéma représente une vue de face

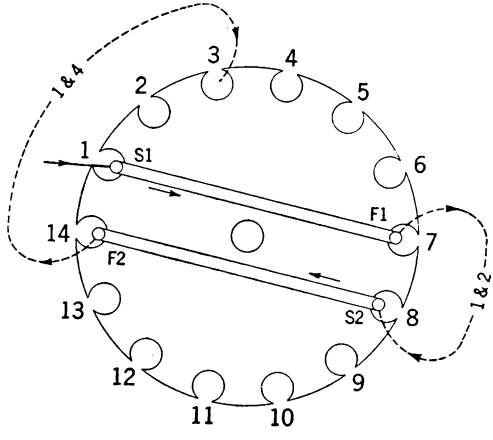


FIG. 111. — Les sections 1 et 2 ont été bobinées de base à base, parallèlement et de part et d'autre de l'arbre. A la fin de la section 1, l'induit est tourné pour que les encoches 8 et 14 se trouvent au sommet et la section 2 commence dans l'encoche à droite de l'encoche 8. Pas de section pair, soit de 1 à un nombre impair.

du côté collecteur, tandis que les photographies sont prises du côté opposé au collecteur, les conducteurs marqués étant du côté collecteur.

La table 26 indique que la section 1 est bobinée de base à base dans les encoches 1 et 7. Le schéma de bobinage, figure 111, montre la section 1 à sa place. Le conducteur de départ S1 est dans l'encoche 1 et le conducteur de sortie F2 est dans l'encoche 7.

La figure 111 montre la section 1 sur l'avant de l'induit, avec S1 à gauche et F1 à droite. Le nombre entouré d'un cercle avec une flèche donne le numéro de section et la direction dans laquelle le fil a été tourné sur l'avant ou l'arrière de l'induit dans le cas de bobinage à la main. Si l'on bobine au tour, l'induit doit être animé d'un mouvement de rotation en sens inverse de celui indi-

qué par la flèche, ou l'on peut considérer que la flèche indique la direction du dévidoir d'où vient le fil.

La seconde section doit être bobinée de l'autre côté de l'arbre et parallèlement à la section 1. La table 26 montre que la section 2 débute dans l'encoche 8 et se termine dans l'encoche 14, de base à base. Le schéma de bobinage, figure 111, montre que la section 2 commence une encoche en avant de l'encoche dans laquelle se

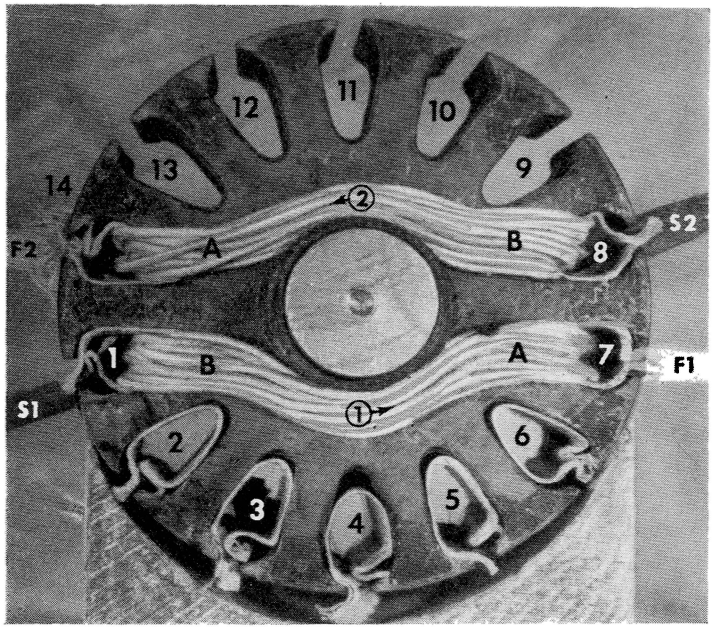


FIG. 112. — La section 2 termine la première paire de sections parallèles, bobinée de base à base. Le conducteur de départ S2 se trouve dans l'encoche 8, et le conducteur de sortie F2 dans l'encoche 14.

termine la section 1. Si l'on tourne la figure 111 à 180°, on place la section 2 en position de bobinage, le conducteur de départ S2 se trouvant dans l'encoche 8 et le conducteur de sortie dans l'encoche 14.

La figure 112 représente la section 2 en place sur l'induit avec à sa gauche le conducteur S1 et le conducteur F2 à droite. Remarquez que F1 se trouve sous S2, ainsi que la forme de la section, qui dégage les encoches 9 et 13.

La figure 112 montre l'arrière de l'induit, avec la section 2 en place, F2 dans l'encoche 14 à gauche et S2 dans l'encoche 8 à droite. Remarquez comment les deux sections 1 et 2 forment une

paire parallèle de chaque côté de l'arbre, ainsi que la manière dont elles contournent l'arbre, les parties A et B parallèles.

Les figures 111 et 112 ainsi que la table 26 montrent comment mettre en place les deux premières sections parallèles. Dans ce mode d'enroulement, deux sections forment un groupe, la seconde section commençant une encoche plus loin que celle dans laquelle se termine la première. Les figures 111 et 112 montrent que ces encoches portent les nos 7 et 8. La seconde section d'une paire se termine toujours une encoche derrière celle où commence la

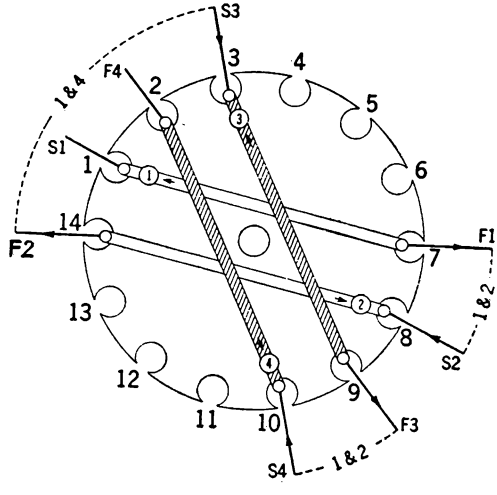


FIG. 113. — Les sections 3 et 4 sont bobinées de base à base. La section 3 dans les encoches 3 à 9, la section 4 dans les encoches 10 à 2, parallèlement à la section 3. Notez le compte de 1 à 4 de la fin de F2 au début de la seconde paire de sections parallèles S3.

première, et les deux figures montrent que ces encoches portent les nos 1 et 14.

Groupe 2. Sections 3 et 4. — L'enroulement à sections parallèles deux à deux progresse autour de l'induit par série de groupes de deux sections. Les figures 111 et 112 montrent une série de deux sections en place. Pour commencer alors le second groupe de sections parallèles, nous utilisons l'encoche que la dernière section du groupe précédent de deux sections utilisait comme « encoche d'aboutissement », et nous comptons en avant un pas de 3, soit 1 et 4.

La table 26 montre que la section 3, première section du second groupe de sections parallèles commence dans l'encoche 3, est bobinée base à base et se termine dans l'encoche 9. La figure 113

donne le schéma de bobinage et indique en pointillé par une ligne qui relie les sections 2 et 3 ou F2, encoche 14 à S3, encoche 3. comment il faut compter 1 et 4 pour commencer tout nouveau groupe. La section 3 est alors mise en place, son conducteur d'entrée étant S3, à gauche dans l'encoche 3 et son conducteur de sortie F3 dans l'encoche 9. Les encoches et conducteurs numérotés

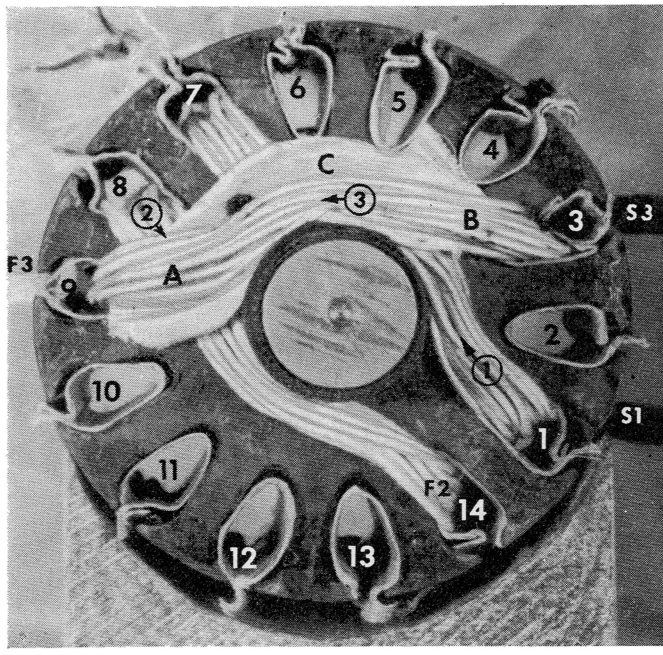


FIG. 114. — La section 3, par laquelle commence la seconde paire de sections parallèles, est disposée dans les encoches 3 à 9, soit après un compte de 1 à 4 à partir de l'encoche 14, dans laquelle se termine la dernière section de la première paire. La section 3 débute en S3, à la base de l'encoche 3 pour se terminer en F3, à la base de l'encoche 9. Ce pas de 1 à 4 entre la fin d'une paire de sections parallèles et le début de la paire suivante se rencontre couramment.

sur la figure 14 indiquent les différentes positions des bobines. L'encoche vide 2 entre les encoches 1 et 3 indique où se terminera la section 4.

La figure 114 montre la section 3 en place, vue de l'arrière, avec S3 dans l'encoche 3 à droite et F3 dans l'encoche 9 à gauche; l'isolant C est disposé sous la section 3. On voit clairement sur cette photographie où viendra se situer la section 4. Comme elle doit être parallèle à la section 3, les encoches 10 et 2 sont celles

qu'il faut logiquement choisir, et la table 26 montre que la section 4, de base à base, va de l'encoche 10 à l'encoche 2.

La figure 115 montre la section 4 en position, du côté arrière de l'induit, le conducteur de départ S4 se trouvant dans l'encoche 10 et le conducteur d'arrivée F4 dans l'encoche 2; l'isolant C se trouve sous cette section, dont la forme aux points A et B laisse dégagée les encoches 2 et 1. Le conducteur S3 de la section 3 est visible sous le conducteur F4; de même, le conducteur F3

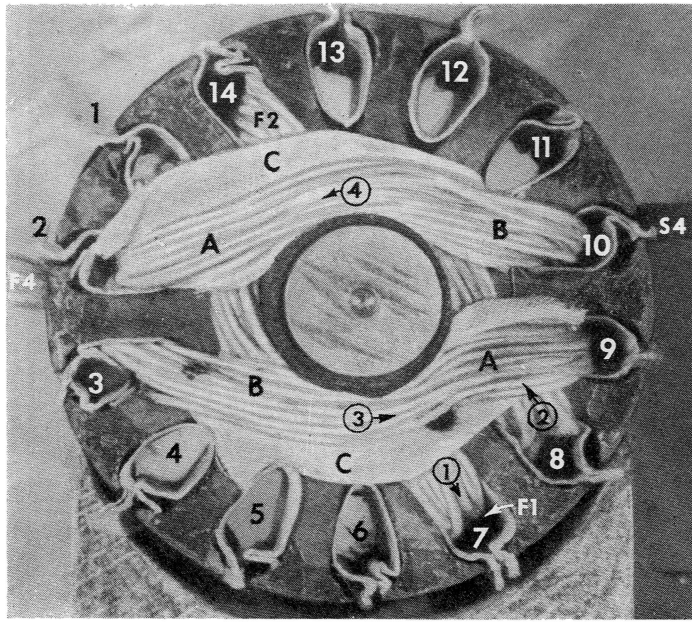


FIG. 115. — La section 4 est bobinée de base à base ; elle termine la seconde paire de sections parallèles. Le conducteur de début S4 se trouve dans l'encoche 10 et le conducteur de sortie F4 dans l'encoche 2.

dans l'encoche 9 est visible sous le conducteur S4. Dans toutes les encoches et pour toutes les sections, on a utilisé une gaine rouge ou noire pour les conducteurs S, tandis qu'une gaine blanche recouvrait les conducteurs F.

Une étude des figures 113 à 115 montre que l'on a bobiné deux groupes de sections parallèles, soit 1 et 2, et 3 et 4, qui utilisent huit demi-encoches, laissant trois encoches vides de chaque côté de l'induit, soit 11, 12, 13 et 4, 5, 6. La figure 113 montre le conducteur S1 dans l'encoche 1, F4 dans l'encoche 2, S3 dans 3, F1 dans 7, S2 dans 8, F3 dans 9, S4 dans 10, F2 dans 14.

La figure 113 montre également la règle fondamentale qui régit le bobinage des enroulements à sections parallèles deux à deux. Le premier groupe partait de l'encoche 1 à l'encoche 7. La ligne pointillée qui réunit F1 à S2 dans l'encoche 8 montre comment est commencée la dernière section de la première paire; la ligne pointillée qui réunit F2 à S3 dans l'encoche 3 montre comment on compte la base 1 et 4, soit un pas d'encoche de 3, entre la fin d'une paire de sections parallèles et la paire suivante de sections parallèles; la ligne pointillée qui relie F3 à S4 montre l'avance

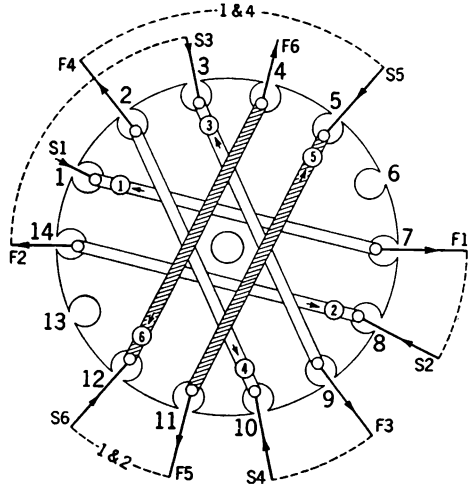


FIG. 116. — Les sections 5 et 6, formant la troisième paire, ont été bobinées de base à base dans les encoches 5 à 11 et 12 à 4. Notez le compte de 1 à 4 entre F4 et S5, ainsi que les deux dernières encoches vides, 6 et 13.

de 1 et 2 encoches entre deux sections parallèles bobinées sur les côtés opposés des encoches.

Les tables 23 et 26, conjointement aux figures 111 à 115, devraient permettre la continuation du bobinage.

Groupe 3. Sections 5 et 6. — La table 26 montre que la section 5 est bobinée de base à base dans les encoches 5 et 11, figures 116 et 117. La figure 116 montre la section 5 qui commence en S5 dans l'encoche 5; le compte 1 et 4 se fait à partir de F4, de la section 4 dans l'encoche 2, comme l'indique la ligne pointillée qui relie l'encoche 2 à l'encoche 5.

En faisant tourner la figure 117 de 180°, ce qui amène la section 5 au sommet, nous pouvons voir que la section est bobinée à l'arrière, avec S5 à droite et F5 à gauche, l'isolant C se trouvant

sous la section 5, qui est formée en A et D pour laisser dégagées les encoches 6 et 10. Notez que le ruban isolant C déborde sous la section 5 pour recouvrir la section disposée dans l'encoche 10 et partiellement les sections 1 et 3.

La section 6, d'après la table 26, est bobinée de base à base dans les encoches 12 et 4, d'après les figures 116 et 117. La figure 116 montre le début de la section 6 au fond de l'encoche 12,

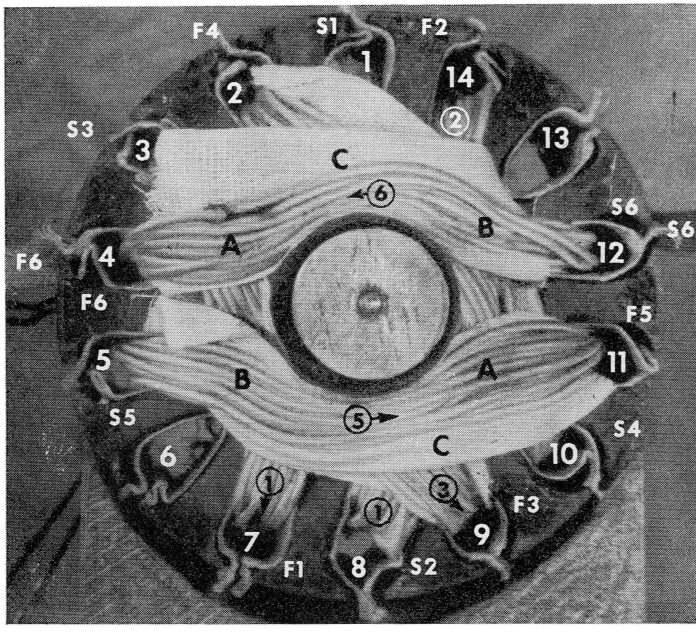


FIG. 117. — La section 6, bobinée de base à base, termine la troisième paire de sections parallèles. Le conducteur de début S6 se trouve dans l'encoche 12 et le conducteur de sortie F6 dans l'encoche 4.

avec le compte 1 et 2 d'encoches à partir de la section 5 suivant la ligne pointillée qui relie les encoches 11 et 12, ou F5 et S6.

La figure 117 montre la section 6 bobinée à l'arrière, avec le conducteur de départ S6 à droite dans l'encoche 12 et la sortie F6 à gauche dans l'encoche 4. Notez l'emplacement du ruban isolant C ainsi que la forme de la section en A et B, pour laisser dégagées les encoches 13 et 3. La figure 117 comporte la numérotation de toutes les sections précédemment mises en place et tous les conducteurs portent leur repère, de telle sorte qu'il est facile de voir à ce stade la position de toutes les sections. La figure 117 montre deux encoches vides et 12 remplies à moitié sur les bords

de l'armature d'induit. Les figures 116 et 117 expliquent pourquoi le compte de 1 et 4 doit être fait, soit un pas d'encoche de 3, quand on bobine un induit à 14 encoches, entre la fin d'un groupe de sections parallèles et le début de la paire suivante de sections parallèles. Ce compte de 1 et 4 peut être utilisé quand le nombre des encoches, qui doit être pair, divisé par deux, donne un résultat impair, comme $14/2 = 7$, $18/2 = 9$, etc., et que le pas des sections dans les encoches est inférieur au pas diamétral, $14/2 = 7 - 1 = 6$.

Notez sur la figure 116 que la section 6 se termine dans l'encoche 4. Par suite, la section 7 devrait commencer dans l'encoche $4 + 3 = 7$, pour finir dans l'encoche 13, qui est l'une des deux encoches encore vides. Les figures 117 et 118 montrent comment cette condition est respectée, avec la fin de la section 1 dans l'encoche 7, et l'encoche 13 encore vide. Remarquez comment les sections 5 et 6 sont formées pour laisser la place de croisement de la section 7.

Il en résulte qu'avec un nombre pair d'encoches et un pas de section pair, quand le nombre des groupes de sections parallèles est impair, comme 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, etc., l'enroulement sera continu, c'est-à-dire qu'on aura un compte de 1 à 4 entre les paires de sections parallèles. On peut exprimer la même règle sous une forme différente; quand le nombre total de paires de sections parallèles est un nombre impair, tel que 5, 7, etc., l'enroulement est continu.

Suivant les figures 111 à 117, nous avons monté toutes les sections sauf une, et nous avons une demi-section dans 12 encoches, et deux encoches encore vides. Nous sommes alors prêts à finir la première moitié et à commencer la seconde.

Groupe 4. Fin de la première moitié. — Avec un induit à 14 encoches, nous avons 14 sections, ou 7 paires de sections parallèles. Il en résulte que la moitié de l'enroulement correspond à 7 sections, ou 3 1/2 paires de sections parallèles. La table 26 montre que la première moitié se termine sur la section 7 de sommet à base, dans les encoches 7 à 13, figures 118 et 119.

Si l'on se reporte au schéma de bobinage, figure 118, nous trouvons que la section 7, ombragée, commence dans l'encoche 7, soit le compte 1 et 4 à partir de la fin de la section 6, comme le montre la ligne pointillée qui relie les encoches 4 et 7.

En commençant la section 7 dans l'encoche 7, nous commençons à remplir totalement les encoches, et nous venons de faire ap-

paraître une autre règle; avec la fin de la première moitié du bobinage, on commence à remplir des encoches, et chaque encoche remplie doit contenir un fil d'entrée de section et un fil de sortie. Sur la figure 118, la section 7 débute au sommet de l'encoche 7, qui peut être calée, puisqu'elle est remplie, et cette encoche renferme un fil de sortie F1 et un fil de début, S7. La

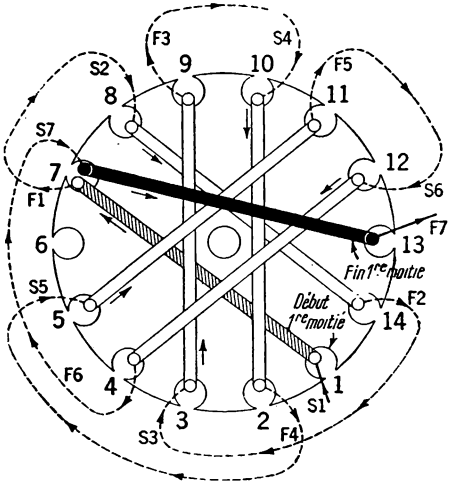


FIG. 118. — La section 7, bobinée de base à base dans les encoches 7 à 13, achève la première moitié du bobinage, soit 7 sections, ou 3 paires et demi de sections parallèles. L'encoche 7 est pleine et peut être calée : elle renferme un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie. Notez que la section 7 (en noir) forme un V avec la section 1 dans les encoches 1 à 7 à 13. Il reste une encoche vide, n° 6.

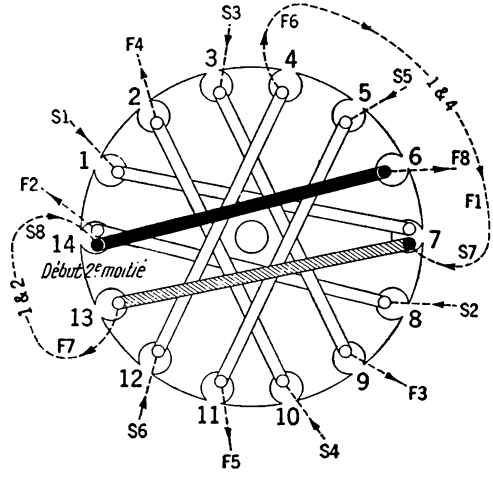


FIG. 120. — Début de la seconde moitié. La section 8 est bobinée de sommet à base : elle commence au sommet de l'encoche 14 et se termine à la base de l'encoche 6. Ainsi, la section 8 débute au sommet de l'encoche 14 et commence la seconde moitié. Notez que les sections 7 et 8 sont les seules bobinées de sommet à base. Le bobinage peut commencer à recevoir ses cales après la section 7. La section 8 en noir débute la seconde moitié de sept sections, soit 3 paires et demi de sections parallèles.

section 7 se termine à la base de l'encoche 13, qu'elle remplit à moitié. Ainsi, la section ombrée, n° 7, de la figure 118, termine la première moitié avec la septième section bobinée de sommet à base.

En examinant la figure 118, nous trouverons que, à la fin de la première moitié, les encoches alternées qui commencent à l'encoche 1, qui a un fil d'entrée, renferment également un fil de sortie, sauf l'encoche 1 qui est vide et l'encoche 7 qui comporte les deux conducteurs F1 et S7.

La figure 118 montre que la dernière section de la première moitié commence au sommet d'une encoche qui a sa base remplie par la fin de la première section de la première moitié et que la première et la dernière section de la première moitié forment un V autour des encoches 1 à 7 et 7 à 13 (voir sections 1 et 7, figure 118).

Si l'on consulte les tables 26, 28, 30, 32 et 34, on voit que cette règle reste valable pour tous les pas d'encoche et de section indi-

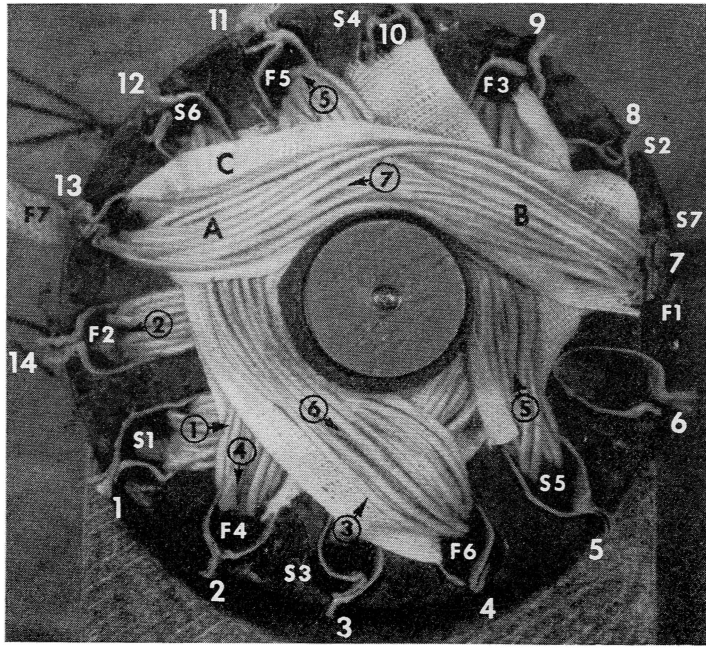


FIG. 119. — La section 7, bobinée de sommet à base, achève la première moitié et commence la quatrième paire de sections parallèles. S7 se trouve au sommet de l'encoche 7. Le conducteur de sortie F7 est à la base de l'encoche 13. Notez le compte de 1 à 4 à partir de l'encoche 4. Le conducteur F6 conduit à l'encoche 7 dans laquelle se trouve S7, début de la quatrième paire parallèle.

qués. La table 28 montre la section 1 bobinée dans les encoches 1 et 9 et la section 9 dans les encoches 9 et 18.

La figure 119 montre la section 7 bobinée à l'arrière, du sommet de l'encoche 7 à la base de l'encoche 13. Notez l'alternance S2, F3, S4, F5, S6, F7, avec S1 et F7 dans l'encoche 7 et F8 dans l'encoche 6, tandis que l'encoche 14 contient S8 et F2. La figure 119 montre la section 7, la dernière de la première moitié, en position, vue de l'arrière. Notez la position des encoches 6

et 14, dans lesquelles la huitième section sera bobinée. L'encoche 7 est calée.

Sur la même figure, notez comment les spires sont étalées pour réduire au minimum l'encombrement des chignons. C'est cette modification de forme des têtes de sections qui passent d'une forme cylindrique à une forme aplatie qui permet de maintenir le bobinage dans les cotes imposées, au fur et à mesure qu'il se termine.

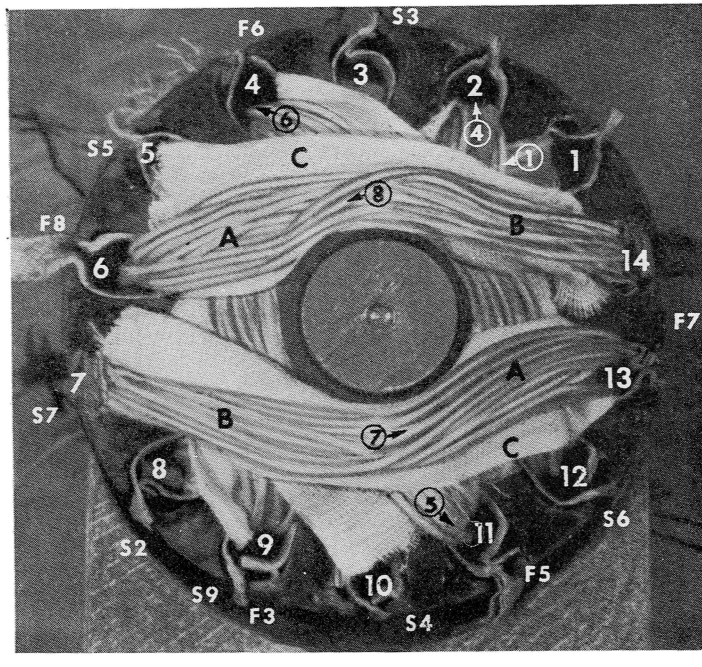


FIG. 121. — La section 8 est bobinée de sommet à base et termine la quatrième paire de sections parallèles. Le conducteur de départ S8 est au sommet de l'encoche 14. Le conducteur de sortie F8 est à la base de l'encoche 6. La section 9 débutera au sommet de l'encoche 9, comme indiqué par S9, soit après un compte de 1 à 4 à partir de l'encoche 6 où se trouve F8, sortie de la section 8.

L'étude des tables 23 et 24 conjointement à celle des figures 111 à 119 fournira tous les renseignements nécessaires pour disposer correctement les sections de la première moitié du bobinage à bobines parallèles deux à deux.

Groupe 5. Section 8, début de la seconde moitié du bobinage. — Le groupe 5 est décrit par la table 26, le schéma de la figure 120 et la figure 161 qui montrent comment on commence la mise en

place de la seconde moitié. Cette seconde moitié achève également la quatrième paire de sections parallèles. La table 26 montre que la seconde moitié commence avec la section 8 bobinée du sommet à la base des encoches 14 et 6, conformément aux figures 120 et 121; on utilise également les tables 24, 26, 28, 30, 32 et 34.

Le schéma de bobinage, figure 120, montre la section 8 vue du côté collecteur, avec le conducteur de départ S8 au sommet de l'encoche 14 et le conducteur de sortie F8 au sommet de l'encoche 6. A ce stade, deux encoches peuvent être calées et six

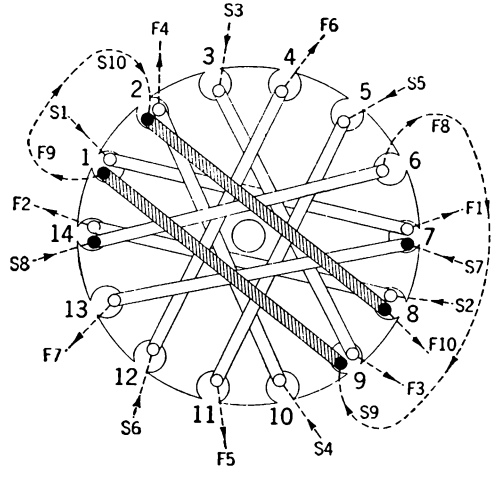


FIG. 122. — Les sections 9 et 10 sont toutes les deux bobinées de sommet à sommet, le conducteur de début de la section 9, S9 se trouvant au sommet de l'encoche 9, après un compte de 1 à 4 à partir de F8, conducteur de sortie de la section finale de la paire précédente.

sections sont bobinées de base à base, tandis que deux autres sont bobinées de sommet à base. En d'autres termes, les deux sections qui achèvent la première moitié et qui commencent la seconde sont les deux seules bobinées de sommet à base. Notez que le compte 1 et 2 est utilisé entre les moitiés, ou entre les paires de sections parallèles 7 et 8.

Notez sur la figure 120 que la section qui commence la seconde moitié débute dans l'encoche 14, dans laquelle se termine la seconde section de la première moitié. Par suite, les sections 2 et 8 forment un V dans les encoches 8 à 14 et 14 à 6.

La figure 121 représente une vue arrière de l'induit avec les sections 7 et 8 en position. Notez que les encoches 7 et 14, diamétralement opposées, sont remplies par les sections 1, 7, 2 et 8 et

sont calées. La figure 121 montre également que 12 encoches restent à moitié remplies, ce qui indique qu'il reste 6 sections, ou trois groupes à bobiner, de sommet à sommet. La table 26 confirme cette remarque. La figure 121 montre également que la tête de section allant dans un sommet d'encoche a une forme différente, comme on peut le voir en B sur la section 8 et en B sur la section 7. Ces têtes de section ne sont pas étalées autant qu'en A, mais elles s'aplatissent en approchant de l'arbre. L'encoche 9

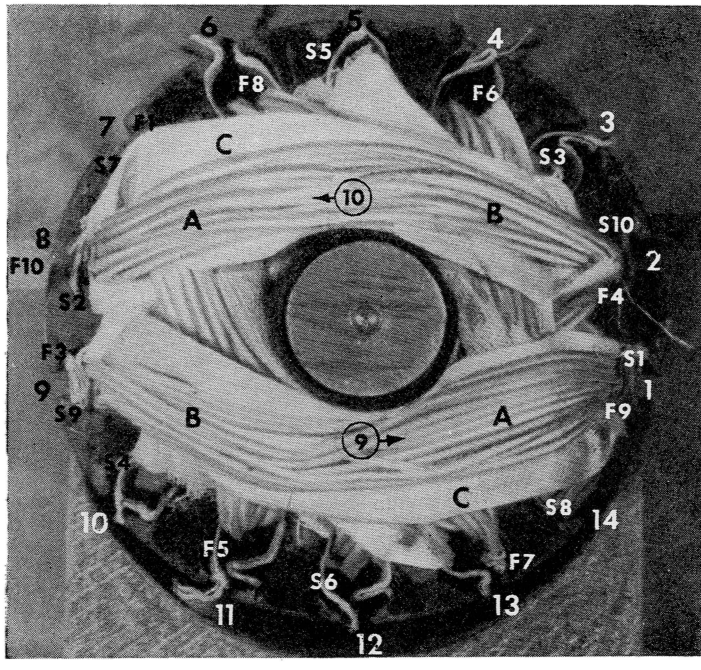


FIG. 123. — La section 10 est bobinée de sommet à sommet et achève la cinquième paire de sections parallèles, le conducteur S10 se trouvant au sommet de l'encoche 2. Le conducteur de sortie F10 est au sommet de l'encoche 8. Notez que les encoches 3, 4, 5 et 6, ainsi que les encoches 10, 11, 12 et 13 sont, demi-remplies, prêtes à recevoir les quatre dernières sections.

est marquée sur la figure 121 pour montrer où commencera la section 9.

Groupe 6. Sections 9 et 10. — La table 26 montre que les sections 9 et 10 sont toutes les deux bobinées de sommet à sommet, d'après les figures 122 et 123. Le schéma de bobinage, figure 122, montre la section 9 bobinée de sommet à sommet, avec son conducteur d'entrée S9 au sommet de l'encoche 9, que l'on

obtient par un compte 1 et 4 à partir de la fin F8 de la quatrième paire de sections. La fin F9 de la section 9 se trouve au sommet de l'encoche 1; ainsi, les encoches 9 et 1 peuvent être calées. La section 10 est commencée en disposant son conducteur de départ S10 dans l'encoche 2, au sommet, et elle se termine par F10 au sommet de l'encoche 8.

La figure 123 montre les sections 9 et 10 vues de l'arrière. Les encoches 2 et 8 n'ont pas été calées, bien qu'elles soient pleines. Notez que le ruban isolant C devient de plus en plus long au fur et à mesure que l'enroulement progresse. Il ne reste plus que

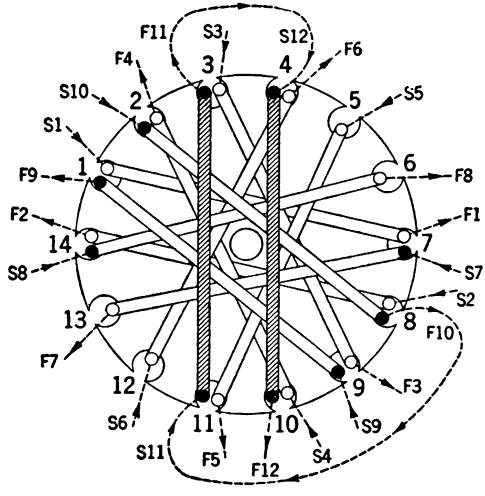


FIG. 124. — Les sections 11 et 12 sont bobinées de sommet à sommet. La section 11 se trouve dans les encoches 11 à 3. La section 12 dans les encoches 4 à 10. Les encoches 5 et 6, 12 et 13 sont à demi-remplies. Notez que toutes les autres encoches sont pleines, calées, et que toutes ont un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie.

huit encoches à demi remplies. Elles sont destinées à recevoir les quatre dernières sections, ou deux groupes de sections parallèles.

Groupe 7. Sections 11 et 12. — La table 26 montre que les sections 11 et 12 sont bobinées de sommet à sommet conformément aux figures 124 et 125. Le schéma d'enroulement, figure 124, montre que la section 11 commence en S11 au sommet de l'encoche 11, ou à un compte 1 et 4 de F10, section 10. La section 12 est alors commencée par S12 au sommet de l'encoche 4, par un compte 1 et 2 de F11 qui passe au sommet de l'encoche 3.

La figure 123 montre l'arrière de la section 12, avec le conducteur S12 à droite, dans l'encoche 4 et F12 à gauche dans l'en-

coche 10. La figure 125 montre également les sections 11 et 12 vues de l'arrière, la section 12 étant au sommet, bobinée de sommet à sommet dans les encoches 4 et 10.

Groupe 8. Dernières sections, 13 et 14. — Le dernier groupe de deux sections en parallèle, composé des sections 13 et 14, d'après la table 26, est bobiné de sommet à sommet conformément aux figures 126 et 127. Le schéma de bobinage, figure 126,

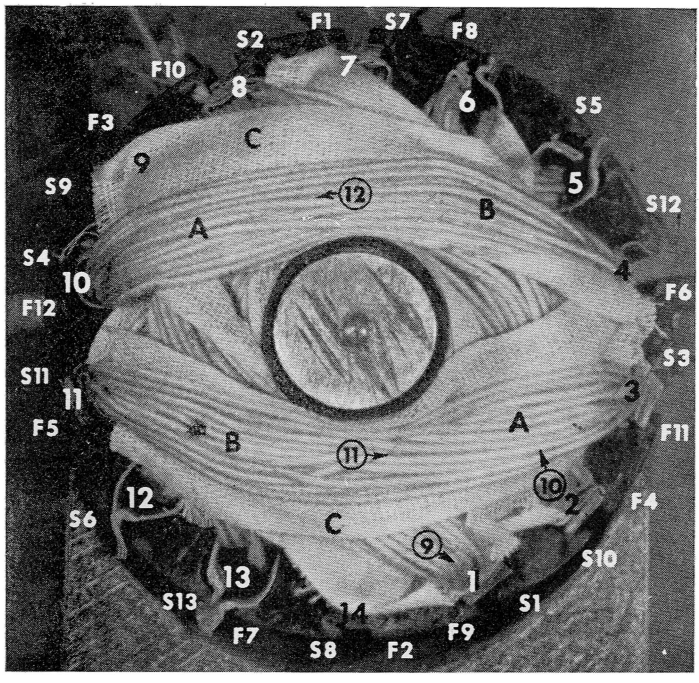


FIG. 125. — La section 12 termine la sixième paire de sections parallèles, bobinée de sommet à sommet. Le conducteur de départ S12 se trouve au sommet de l'encoche 4. Le conducteur de sortie F12 se trouve au sommet de l'encoche 10. La section 13 commencera la septième et dernière paire de sections parallèles, au sommet de l'encoche 13, marquée S13.

montre la section 13 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 13 et 5, le conducteur d'entrée S13 dans l'encoche 13. La section 14, qui termine l'enroulement, est bobinée de sommet à sommet avec le conducteur d'entrée S14 dans l'encoche 6 et le conducteur de sortie F14 dans l'encoche 12.

Notez sur la figure 126 que la dernière section de la seconde moitié forme un V avec la section qui commençait la seconde

moitié; ce sont les sections 8 et 14, dans les encoches 14 à 6 et 6 à 12; notez également que la section qui termine la première moitié forme un V avec la section qui commence la dernière paire de sections parallèles; ce sont les sections 7 et 13 dans les encoches 7 à 13 et 13 à 5.

On peut également remarquer sur la figure 126 que la dernière section, n° 14, se terminait dans l'encoche 12, avec un compte de 1 et 4 entre F14 et S1. Le début et la fin des deux moitiés de

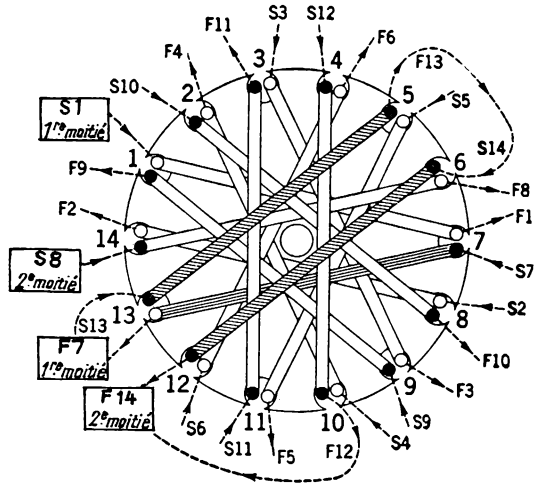


FIG. 126. — Les deux dernières sections, 13 et 14, sont bobinées de sommet à sommet. En comptant 1 à 4 de la fin de la section 12, on trouve l'encoche 13, qui contient déjà un conducteur de sortie, et qui va contenir le conducteur de début de la section 13. La section 13 va dans les encoches 13 à 5, et la section 14 dans les encoches 6 à 12. Notez que l'on peut, en partant de l'encoche 1, suivre les V pour revenir à l'encoche 1 en passant par les sections 1, 7, 13, 5, 11, 3 et 9. Identiquement, en partant de l'encoche 2, il est possible d'y revenir en passant par les sections 10, 2, 8, 4, 6, 12, 4. La section 14 forme un V avec la section 6, identique au V du bobinage par moitiés séparées.

cet enroulement se trouvent distantes de quatre encoches, car S1 se trouve dans l'encoche 1, F7 dans l'encoche 13, et, pour la seconde moitié, S8 se trouve dans l'encoche 14 et F14 dans l'encoche 12; il en résulte que les encoches 12, 13, 14 et 1 contiennent les conducteurs de départ et de sortie des deux moitiés de l'enroulement.

Un examen soigneux de la figure 126 montrera les V successifs formés par les sections 1, 7, 13, 5, 11, 3, 9. On voit que sept sections se suivent, en partant de l'encoche 1, pour y revenir, formant la première moitié, tandis que sept autres forment la seconde moitié en partant de l'encoche 2 : 2, 8, 14, 6, 12, 4, 10.

Ainsi, la réalisation de bobinages et leur étude révèlent de nombreux points intéressants quant à la façon de disposer les sections sur un induit.

La figure 126 montre les éléments principaux d'un bobinage en V continu amélioré, dont nous parlerons par la suite. Quoi qu'il en soit, signalons que tout le secret réside dans les sections 1, 2, 10 et 9, la section 10 devenant la section 3 et la section 9 deve-

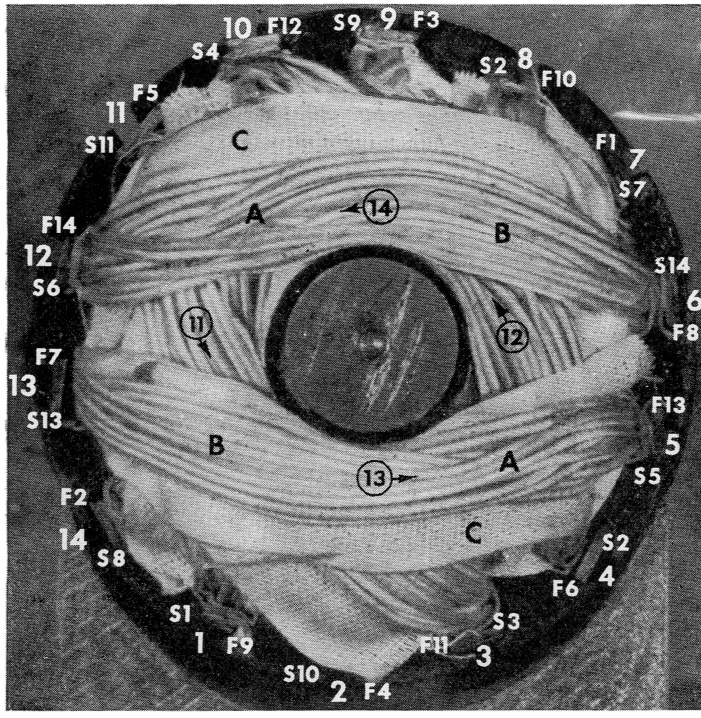


FIG. 127. — La section 14 achève le bobinage et la septième paire de sections parallèles ; elle est bobinée de sommet à sommet avec son conducteur d'entrée S14 au sommet de l'encoche 6. Son conducteur de sortie se trouve en F12, au sommet de l'encoche 12.

nant la section 4, etc. La section 3 de la figure 126 deviendrait la section 5 du nouveau bobinage. En partant de ces données, essayez d'établir un schéma de bobinage pour 14 encoches, de pas 1 à 7, et écrivez les caractéristiques principales de ce bobinage.

La figure 127 montre l'aspect du bobinage en V à sections parallèles vu du côté opposé à l'induit. La section 14 se trouve au sommet des encoches 6 et 12, et la section 13 à la base des encoches 5 et 13.

Les données précédentes concernaient un bobinage d'induit à 14 encoches, de 1 à 7, ou bobinage à pas pair, décrit dans les tables 23 et 26. Les autres enroulements du même type, pour 10, 18, 22, 26 et 30 encoches, sont décrits dans les tables 24, 28, 30, 32 et 34. On peut établir d'autres tables pour étendre cet enroulement aux divers cas rencontrés. Les règles ci-dessous vous aideront à établir les schémas de bobinage et à bobiner les induits.

Règles du bobinage à sections parallèles deux à deux. — On peut utiliser les tables 23 et 24, ainsi que les figures 111 à 127 pour formuler les règles dont les principales sont les suivantes :

1° Le nombre total des encoches doit être pair.

2° Le pas des sections doit être inférieur d'une unité au pas diamétral.

3° Quand le pas des sections est pair, l'enroulement doit être continu avec compte de 1 à 4.

4° Quand le pas des sections est impair, l'enroulement doit comporter deux moitiés séparées, avec un compte de 1 à 3 entre les sections parallèles.

5° Quand le nombre total d'encoches divisé par deux est impair, comme par exemple, $14/2 = 7$, l'enroulement sera continu, avec un compte de 1 à 4.

6° Quand le nombre total d'encoches divisé par deux est impair, comme par exemple, $12/2 = 6$, l'enroulement comporte deux moitiés séparées, avec un compte de 1 à 3 entre les sections parallèles.

7° Dans le cas d'un enroulement continu, le départ de chaque groupe parallèle sera dans l'encoche suivante à numéro impair ayant le même numéro que la section, comme 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, etc. Reportez-vous à la figure 126 pour confirmation.

8° Quand les groupes de sections parallèles sont en nombre impair, l'enroulement sera continu, et la première moitié se terminera avec un nombre impair de sections, comme 6, 8, 10, 12, 14, etc.

9° Quand il y a un nombre pair de groupes de deux sections, le bobinage se divise en deux moitiés, et la première moitié s'achève avec un nombre pair de sections, comme 6, 8, 10, 12, 14, etc.

10° Quand il y a un nombre impair de groupes de deux sections, les premières 4, 6, 8, 10, 12, 14 sections seront bobinées de base à base (voir tables 24, 26, 28, 30, 32, 34).

11° Quand il y a un nombre impair de groupes de deux sections parallèles, les sections parallèles qui séparent les deux moitiés seront bobinées de sommet à base (voir tables 24, 26, 28, 30, 32, 34).

12° Avec un nombre impair de groupes de deux sections, les paires bobinées après séparation des moitiés seront bobinées de sommet à sommet (voir tables 24, 26, 28, 30, 32, 36).

13° Quand il y a un nombre impair de groupes de deux sections, seule, les sections bobinées de sommet à sommet auront leur fil de sortie au sommet d'une encoche (voir sections 9, 10, 11, 12, 13 et 14, figures 126 et 127).

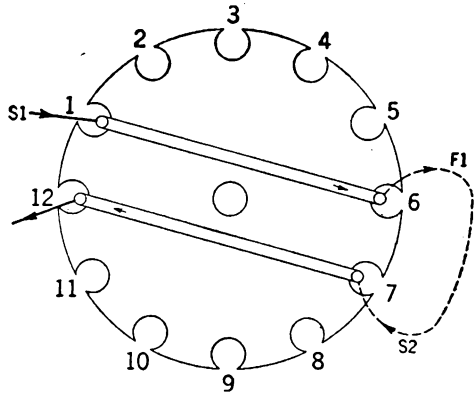


FIG. 128. — Les deux premières sections sont bobinées de base à base, parallèlement et de part et d'autre de l'arbre.

14° Tous les enroulements divisés à sections parallèles deux à deux ont deux sections visibles entièrement de chaque côté de l'arbre, sortant de quatre encoches par lesquelles on a terminé le bobinage, figure 127.

15° On peut commencer à caler les encoches au fur et à mesure que le bobinage se poursuit après la fin de la première moitié, quand l'enroulement est continu.

16° Dans le cas de sections bobinées de sommet à base, il est possible de caler une encoche, tandis qu'avec les sections bobinées de sommet à sommet, il est possible de caler deux encoches.

Enroulements à sections parallèles avec pas impair des sections. — Les règles de bobinage que nous venons de donner indiquent qu'un nombre pair d'encoches avec un pas de sections

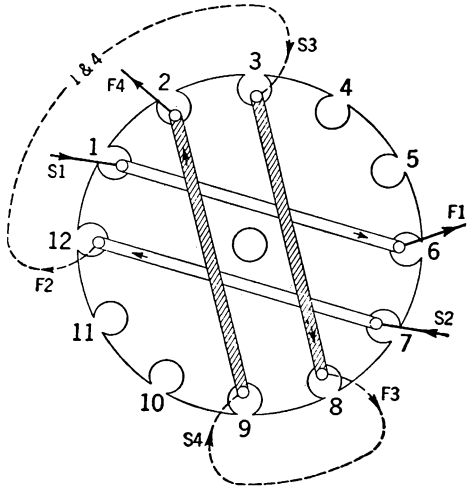


FIG. 129. — Les sections 3 et 4 sont bobinées de base à base dans les encoches 3 à 8 et 9 à 2. La section 3 débute dans l'encoche 3, après un compte de 1 à 4 dans le sens des aiguilles d'une montre après la fin de la section 2.

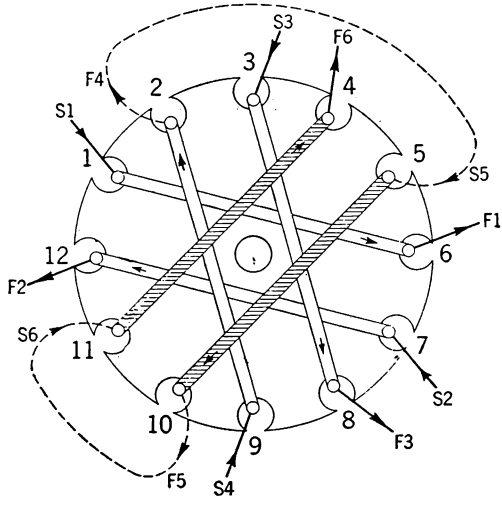


FIG. 130. — A la fin de la première moitié, les sections 5 et 6 sont bobinées de base à base. Ainsi, avec un pas impair, dans le bobinage à sections parallèles, toutes les sections de la première moitié sont bobinées de base à base. Les encoches de numéro impair ont un conducteur de départ, tandis que les encoches à nombre pair ont un conducteur de sortie.

impair, soit par exemple 12 encoches et un pas de 1 à 6, se traduit par un enroulement divisé en deux moitiés séparées, entre lesquelles le compte doit être de 1 à 3. Ainsi, l'enroulement à pas

impair décrit dans ce paragraphe sera bobiné en deux moitiés distinctes.

Les tables 25, 27, 29, 31 et 33 fournissent les données nécessaires au bobinage d'induits de 12, 16, 20, 24 et 28 encoches, avec pas de sections impair. La table 25 doit être utilisée conjointement aux figures 128 à 133 pour bien comprendre comment ce type de bobinage est réalisé.

Groupe 1. Sections 1 et 2. — La table 25 montre que la section 1 est bobinée de base à base de l'encoche 1 à l'encoche 6, et on peut voir sur la figure 128 que cette section passe au-dessus de l'arbre. Comme cet enroulement est à sections à pas à gauche, il en résulte que les figures 128 à 133 sont vues du côté opposé au collecteur.

La section 2 débute dans l'encoche 7, soit un compte de 1 à 2 à partir de la fin F1 de la section. La section 2 est également bobinée de base à base dans les encoches 7 et 12. Le premier groupe de deux sections parallèles possède une section de chaque côté de l'arbre dans des encoches adjacentes, ce qui est une disposition analogue à celle que l'on rencontre dans les bobinages à pas pair.

Groupe 2. Sections 3 et 4. — La table 25 montre que la section 3 débute dans l'encoche 3, soit après un compte de 1 à 4 après le conducteur F2. Par suite, la figure 129 montre la section 3 avec le conducteur S3 à la base de l'encoche 3 et la sortie F3 à la base de l'encoche 8. Notez que la première section de la seconde paire doit être de l'autre côté de l'arbre par rapport à la dernière section de la paire précédente (voir les sections 2 et 3, figure 129).

La section 4 est bobinée de base à base dans les encoches 9 à 12, comme le montre la figure 129, sur laquelle la section 4 complète la seconde paire avec une compte de 1 à 2 entre les conducteurs F3 et S4. La figure 129, sur laquelle les deux sections suivantes achèvent la première moitié, pourrait dans certains cas nécessiter trois sections pour que la première moitié soit terminée.

Si l'on peut utiliser un compte de 1 à 4, le nombre de sections vides d'un côté ou de l'autre de l'induit doit être de trois. Sur la figure 129, il reste deux encoches vides; par suite, il faut, entre les deux moitiés du bobinage, utiliser un compte de 1 à 3.

Groupe 3. Sections 5 et 6. — La table 25 montre que la section 5 débute dans l'encoche 5, soit après un compte de 1 à 4

à partir de F4 dans l'encoche 2. La figure 130 montre la section 5 bobinée de base à base dans les encoches 5 et 10. La section 6 est également bobinée de base à base dans les encoches 11 à 4. La figure 130 montre le troisième groupe de sections parallèles avec six sections bobinées de base à base, et la première moitié s'achève avec un nombre pair de sections.

Nous pouvons ainsi poser comme règle qu'avec un pas impair, la première moitié comporte un nombre pair de sections, comme sur la figure 130. Avec un pas pair, la première moitié contiendra

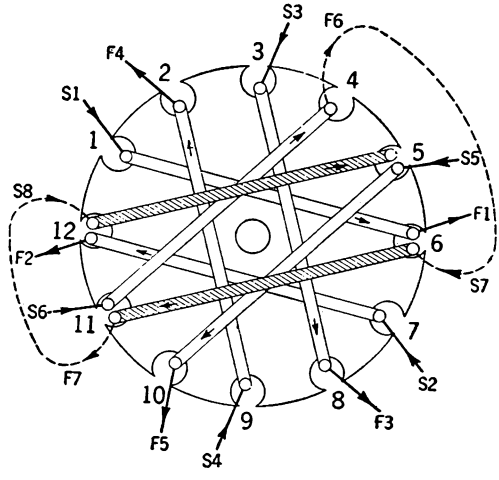


FIG. 131. — Les sections 7 et 8, par lesquelles commence la seconde moitié, sont bobinées de sommet à sommet. Notez que la section 7 débute dans l'encoche 6, soit après un compte de 1 à 3 depuis la fin de la première moitié, ou section 6. La section 7, début de la seconde moitié, forme un V avec la section 1, début de la première moitié.

un nombre impair de sections, donc un des groupes de sections parallèles aura une section sur chaque moitié.

A la fin de la première moitié, chaque encoche comportera un conducteur, en commençant par l'encoche 1, qui aura un conducteur de sortie, soit S. L'encoche suivante aura un conducteur de sortie, soit F. On rencontrera alternativement un conducteur S et un conducteur F, comme on peut le voir sur la figure 130.

Ainsi, avec un pas de section impair, toutes les sections de la première moitié sont bobinées de base à base, avec toutes les encoches à demi-remplies. Comparez la figure 130 avec les figures 116 et 119 et notez les différences d'aspects du bobinage à la fin de la première moitié.

Avec un pas de section pair, la dernière section de la première moitié est bobinée de sommet à base, figure 119, tandis qu'avec un pas de section impair, la dernière section de la première moitié est bobinée de base à base.

Groupe 4. Sections 7 et 8. — Avec un induit à 12 encoches, la section 7 sera également la section de départ de la seconde moitié. Ainsi, le groupe 4 sert de guide pour commencer la seconde moitié d'un bobinage à pas de section impair. Il faut apporter toute son attention à chaque stade du travail, de façon à pouvoir utiliser les règles aux autres bobinages à pas de section impair.

La figure 130 montre que toutes les encoches comportent une demi-section à la fin de la première moitié du bobinage. La table 25 indique qu'il faut faire un compte de 1 à 3 entre la sortie F6 et l'encoche dans laquelle il faut commencer la section 7. Il en résulte que cette section doit commencer au sommet de l'encoche 6 et qu'elle doit être bobinée de sommet à sommet vers l'encoche 11.

La figure 131 montre la section 8 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 12 et 5, dont elle achève le remplissage. Vous noterez sur cette figure que le compte de 1 à 3 entre F6 et S7 fait partir ce conducteur d'entrée d'une encoche qui comporte un fil de sortie, ou F, en même temps que la section 7 est par rapport à l'arbre à l'opposé de la section 6.

Groupe 5. Sections 9 et 10. — La table 25 indique que la section 9 commence au sommet de l'encoche 8. Le compte de 1 à 4 est encore utilisé entre deux sections parallèles d'une même paire. La figure 132 montre la section 9 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 8 et L1, ce qui achève de remplir ces deux encoches. Cette même figure représente la section 10 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 à 7, ce qui achève de les remplir.

Groupe 6. Sections 11 et 12. — Dans le cas d'un induit à 12 encoches, le groupe 6 achève le bobinage; il montre, une fois en place, comment se présente ce type de bobinage, à pas impair, une fois terminé.

La table 25 et la figure 133 montrent la section 11 bobinée de sommet à sommet de l'encoche 10 à l'encoche 3. La section 12, bobinée de sommet à sommet dans les encoches 4 et 9 termine alors le bobinage. Depuis le début de la seconde moitié du bobi-

nage, chaque section mise en place forme un V avec les sections précédemment bobinées, et, sur la figure 133, nous pouvons suivre cette série de V.

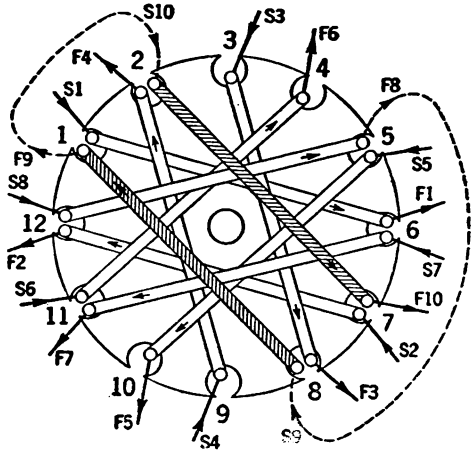


FIG. 132. — Les sections 9 et 10 sont bobinées de sommet à sommet dans les encoches 8 à 1 et 2 à 7.

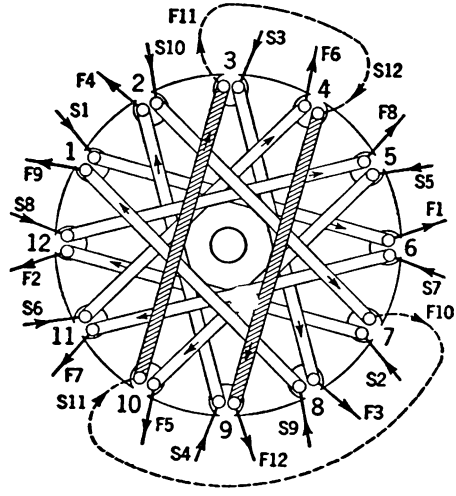


FIG. 133. — Les deux dernières sections, 11 et 12, sont bobinées de sommet à sommet dans les encoches 10 à 3 et 4 à 9. Notez que les deux dernières sections sont à angle droit par rapport aux deux premières. Notez également qu'il est possible de partir de la section 1, encoche 1, et suivre tout le bobinage, en passant de V en V, par exemple 1, 7, 6, 12, 4, 10, 2, 8, 5, 11, 3, 9 et enfin 1.

En commençant par le conducteur S1 de la section 1, figure 133, il est possible de passer par les sections 1, 7, 6, 12, 4, 10, 2, 8, 5,

11, 3, de l'encoche 9 à l'encoche 1 pour revenir à S1. Il en résulte qu'un compte de 1 à 3 entre les deux moitiés a fait du bobinage en V à sections parallèles un bobinage en boucle continu.

Les tables et les schémas de bobinage donnent tous les cas courants, tant pour le nombre d'encoches que pour les divers pas, tout en permettant de trouver les cas de bobinage qui ne seraient pas donnés.

TABLE 23

Guide pour les bobinages en boucle parallèles

Nombre d'encoches	Pas de section			Compte entre 1/2		Numéro des tables
	impair	pair	encoches	1 à 3	1 à 4	
10	–	√	1 à 5	–	√	30
12	√	–	1 à 6	√	–	31
14	–	√	1 à 7	–	√	32
16	√	–	1 à 8	√	–	33
18	–	√	1 à 9	–	√	34
20	√	–	1 à 10	√	–	35
22	–	√	1 à 11	–	√	36
24	√	–	1 à 12	√	–	37
26	–	√	1 à 13	–	√	38
28	√	–	1 à 14	√	–	39
30	–	√	1 à 15	–	√	40

* L'enroulement en boucle parallèle n'est pas utilisable avec un nombre d'encoches impair, que ce soit avec un pas de section pair ou impair.

TABLE 24.

10 encoches pas de 1 à 5, 4 encoches.

Moitié n°	Section n°	Encoche n°		Bobinée	
		de	à	de	à
1re	1	1	5	Base	Base
	2	6	10	»	»
	3	3	7	»	»
	4	8	2	»	»
	5	5*	9	Sommet	»
	6	1*	4	Sommet	Base
	7	7	1	»	Sommet
	8	2	6	»	»
	9	9	13	»	»
	10	4	8	»	»

* Sections bobinées de sommet à base à fin et début divisé en 2.

TABLE 25.

12 encoches, 1 à 6 pas impair.

Moitié n°	Section n°	Encoche n°		Bobinée	
		de	à	de	à
1re	1	1	6	Base	Base
	2	7	12	»	»
	3	3	8	»	»
	4	9	2	»	»
	5	5	10	»	»
	6	11	4	»	»
2e	7	6*	11	Sommet	Sommet
	8	12	5	»	»
	9	8	1	»	»
	10	2	7	»	»
	11	10	3	»	»
	12	4	9	»	»

* On compte de 1 à 3 depuis la section 6 pour le départ de la 2e moitié.

TABLE 26

14 encoches pas de 1 à 7, 6 encoches

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	7	Base	Base
	2	8	14	»	»
	3	3	9	»	»
1re	4	10	2	»	»
	5	5	11	»	»
	6	12	4	»	»
	7*	7	13	Sommet	»
	8*	14	6	Sommet	Base
	9	9	1	»	Sommet
	10	2	8	»	»
2e	11	11	3	»	»
	12	4	10	»	»
	13	13	5	»	»
	14	6	10	»	»

* Voir table 24.

TABLE 27

16 encoches, 1 et 8 pas impair

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	8	Base	Base
	2	9	16	»	»
	3	3	10	»	»
1re	4	11	2	»	»
	5	5	12	»	»
	6	13	4	»	»
	7	7	14	»	»
	8	15	6	»	»
	9*	8*	15	Sommet	Sommet
	10	16	7	»	»
	11	10	1	»	»
2e	12	2	9	»	»
	13	12	3	»	»
	14	4	11	»	»
	15	14	5	»	»
	16	6	13	»	»

* On compte de 1 à 3 depuis la section 8 pour le départ de la 2e moitié.

TABLE 28

18 encoches pas de 1 à 9, 8 encoches

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	9	Base	Base
	2	10	8	»	»
	3	3	11	»	»
	4	12	12	»	»
1re	5	5	3	»	»
	6	14	14	»	»
	7	7	15	»	»
	8	16	6	»	»
	9*	9*	17	Sommet	»
	10*	18*	8	Sommet	Base
	11	11	1	»	»
	12	2	0	»	»
	13	13	13	»	»
2e	14	4	2	»	»
	15	15	15	»	»
	16	6	4	»	»
	17	17	17	»	»
	18	8	16	«	«

* Voir table 24.

TABLE 29

20 encoches, 1 à 10 pas impair

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	10	Base	Base
	2	11	20	»	»
	3	3	12	»	»
	4	13	2	»	»
1re	5	5	14	»	»
	6	15	4	»	»
	7	7	16	»	»
	8	17	6	»	»
	9	9	18	»	»
	10	19	8	»	»
	11	10*	19	Sommet	Sommet
	12	20	9	»	»
	13	12	1	»	»
	14	2	11	»	»
2e	15	14	3	»	»
	16	4	13	»	»
	17	16	5	»	»
	18	6	15	»	»
	19	18	7	»	»
	20	8	17	»	»

* On compte de 1 à 3 depuis la section 10 pour le départ de la 2e moitié.

TABLE 30

22 encoches pas de 1 à 11, 10 encoches

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	11	Base	Base
	2	12	22	»	»
	3	3	13	»	»
	4	14	2	»	»
	5	5	15	»	»
1re	6	16	4	»	»
	7	7	17	»	»
	8	18	6	»	»
	9	9	19	»	»
	10	20	8	»	»
	11*	11	21	Sommet	»
	12*	22	10	Sommet	Base
	13	13	1	»	Sommet
	14	2	12	»	»
	15	15	3	»	»
	16	4	14	»	»
2e	17	17	5	»	»
	18	6	16	»	»
	19	19	7	»	»
	20	8	18	»	»
	21	21	9	»	»
	22	20	20	»	»

* Voir table 24.

TABLE 31

24 encoches, 1 à 12 pas impair

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	12	Base	Base
	2	13	24	»	»
	3	3	14	»	»
	4	15	2	»	»
	5	5	16	»	»
1re	6	17	4	»	»
	7	7	18	»	»
	8	19	6	»	»
	9	9	20	»	»
	10	21	8	»	»
	11	11	22	»	»
	12	23	10	»	»
	13	12*	23	Sommet	Sommet
	14	24	11	»	»
	15	14	1	»	»
	16	2	13	»	»
	17	16	3	»	»
	18	4	15	»	»
2e	19	18	5	»	»
	20	6	17	»	»
	21	20	7	»	»
	22	8	19	»	»
	23	22	9	»	»
	24	10	21	»	»

* On compte de 1 à 3 depuis la section 12 pour le départ de la 2e moitié.

TABLE 32

26 encoches pas de 1 à 13, 12 encoches

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	13	Base	Base
	2	14	26	»	»
	3	3	15	»	»
	4	16	2	»	»
	5	5	17	»	»
	6	18	4	»	»
1re	7	7	19	»	»
	8	20	6	»	»
	9	9	21	»	»
	10	22	8	»	»
	11	11	23	»	»
	12	24	10	»	»
	13*	13*	25	Sommet	»
	14*	26	12	Sommet	Base
	15	15	1	»	Sommet
	16	2	14	»	»
	17	17	3	»	»
	18	4	16	»	»
	19	19	5	»	»
2e	20	6	18	»	»
	21	21	7	»	»
	22	8	20	»	»
	23	23	9	»	»
	24	10	22	»	»
	25	25	11	»	»
	26	12	24	»	»
					»

* Voir table 24.

TABLE 33

28 encoches, 1 à 14 pas impair

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	14	Base	Base
	2	15	28	»	»
	3	3	16	»	»
	4	17	2	»	»
	5	5	18	»	»
	6	19	4	»	»
1re	7	7	20	»	»
	8	21	6	»	»
	9	9	22	»	»
	10	23	8	»	»
	11	11	24	»	»
	12	25	10	»	»
	13	13	26	»	»
	14	27	12	«	»
	15	14*	27	Sommet	Sommet
	16	28	13	»	»
	17	16	1	»	»
	18	2	15	»	»
	19	18	3	»	»
	20	4	17	»	»
2e	21	20	5	»	»
	22	6	19	»	»
	23	22	7	»	»
	24	8	21	»	»
	25	24	9	»	»
	26	10	23	»	»
	27	26	11	»	»
	28	12	25	»	»

* On compte de 1 à 3 depuis la section 12 pour le départ de la 2e moitié.

TABLE 34

30 encoches, pas de 1 15, 14 encoches

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	1	15	Base	Base
	2	16	30	»	»
	3	3	17	»	»
	4	18	2	»	»
	5	5	19	»	»
	6	20	4	»	»
	7	7	21	»	»
1re	8	22	6	»	»
	9	9	23	»	»
	10	24	8	»	»
	11	11	25	»	»
	12	26	10	»	»
	13	13	27	»	»
	14	28	12	»	»
	15*	15*	29	Sommet	»
	16	30	14	Sommet	Base
	17	17	1	»	Sommet
	18	2	16	»	»
	19	19	3	»	»
	20	4	18	»	»
	21	21	5	»	»
	22	6	20	»	»
2e	23	23	7	»	»
	24	8	22	»	»
	25	25	9	»	»
	26	10	24	»	»
	27	27	11	»	»
	28	12	26	»	»
	29	29	13	»	»
	30	14	28	»	»

* Voir table 24.

CHAPITRE XII

QUATRE ENROULEMENTS SPÉCIAUX

I. ENROULEMENT EN BOUCLE A SECTIONS EN V

L'enroulement en V, représenté sur la figure 134, peut être considéré comme une combinaison des bobinages décrits aux chapitres V à XI, l'enroulement ordinaire à boucles et l'enroulement à sections parallèles. Cet enroulement se partage de chaque côté de l'arbre et la boucle formée aux extrémités des sections doit être coupée avant de faire la mise au collecteur. Dans cet enroulement les deux sections de chaque côté de l'arbre ne sont

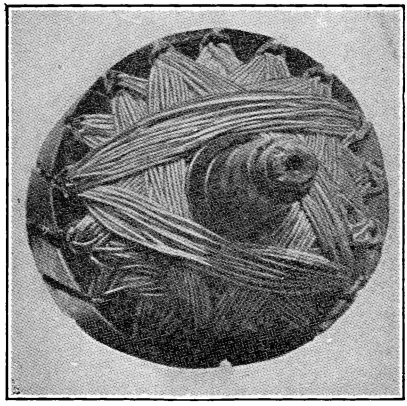


FIG. 134. — Induit complet montrant l'aspect des chignons d'un bobinage en V. Une paire de sections est totalement visible quand le bobinage est terminé. Cette paire forme un V à l'intérieur duquel se trouve l'arbre. Quand on bobine un induit de cette manière il faut suivre les indications de la figure 135 et des pages 177 et suivantes. L'induit représenté sur les photographies a 17 encoches ; il est bobiné avec un pas de 1 à 8, ce qui laisse deux encoches (à droite) entre les branches du V. Sur la figure 135, on ne voit qu'une encoche entre les branches du V, tandis qu'on en voit deux sur cette figure.

pas parallèles, mais elles forment un V. Une autre particularité distinctive est qu'après la mise en place de la première bobine, une encoche se trouve remplie au fur et à mesure que l'enroulement progresse.

Avantages et inconvénients de l'enroulement en V. — Avec un grand nombre d'encoches, un grand nombre de spires et un fil de forte section, cet enroulement présente les même avantages et les mêmes inconvénients que les bobinages ordinaires à boucle et à sections parallèles. Lorsque l'espace entre le fond de l'encoche et l'arbre est limité, l'enroulement en V occupera moins

de place que les enroulements déjà décrits. Ce type d'enroulement et l'enroulement ordinaire à boucles sont indépendants du

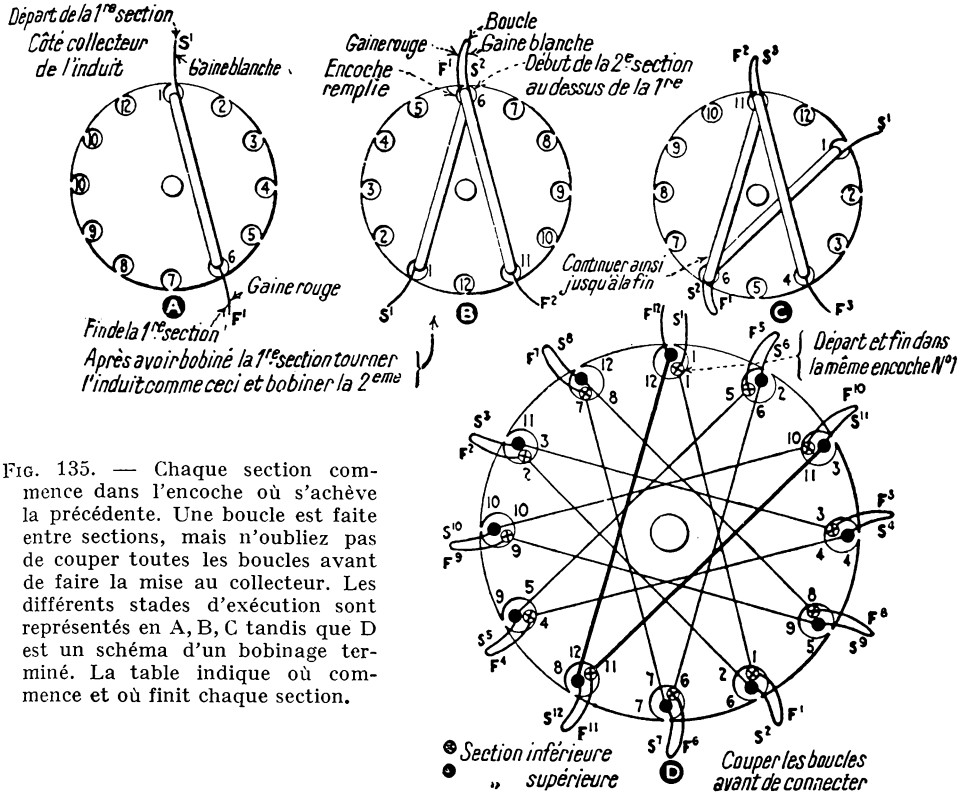


FIG. 135. — Chaque section commence dans l'encoche où s'achève la précédente. Une boucle est faite entre sections, mais n'oubliez pas de couper toutes les boucles avant de faire la mise au collecteur. Les différents stades d'exécution sont représentés en A, B, C tandis que D est un schéma d'un bobinage terminé. La table indique où commence et où finit chaque section.

LA SECTION N°	COMMENCE dans l'encoche N°	FINIT dans l'encoche N°	LA SECTION N°	COMMENCE dans l'encoche N°	FINIT dans l'encoche N°
1	1	6	7	7	12
2	6	11	8	12	5
3	11	4	9	5	10
4	4	9	10	10	3
5	9	2	11	3	8
6	2	7	12	8	1

nombre d'encoches. L'enroulement à sections parallèles ne peut être utilisé que lorsque le nombre d'encoches est divisible par 2. La figure 134 représente un induit à 17 encoches et un pas de 1 à 8, ce qui laisse deux encoches entre les branches du V, tandis que sur la figure 135, il n'y a qu'une encoche entre les branches du V.

Enroulement en V utilisé au bobinage des induits de génératrices d'automobiles. — Ce type d'enroulement est très em-

ployé dans les induits de génératrices d'automobiles, dans lesquels il est possible de ne pas isoler les chignons, la tension étant basse et la place restreinte. Néanmoins, dans le cas d'un induit à 110 ou 220 volts, une bande d'isolant doit toujours être disposée sous chaque tête de section, comme nous l'expliquons dans le paragraphe suivant.

Exécution du bobinage. — Avant de commencer l'enroulement, enfilez sur le fil un certain nombre de gaines de dimensions appropriées. Pour l'induit à 12 encoches, représenté sur la figure 135, on peut enfiler 12 gaines, alternativement rouges et blanches. On disposera ainsi d'une gaine blanche pour chaque conducteur de début et d'une gaine rouge pour chaque sortie. Après avoir bobiné six sections, on coupe le fil pour enfiler douze autres gaines, ce qui permettra de finir le bobinage. On peut voir en A, figure 135, que l'induit pris comme exemple comporte 12 encoches, les sections ayant un pas de 1 à 6. La première section commence dans l'encoche 1, puis revient, derrière l'induit, dans l'encoche 6 en passant à droite de l'arbre. Après avoir bobiné le nombre de spires voulu, la section s'achève dans l'encoche 6, et, comme on peut le voir sur la figure 135, la boucle se trouve recouverte d'une gaine rouge. De l'autre côté de la boucle, on laisse une gaine blanche qui recouvre le conducteur de départ de la section suivante. Notez que, dans ce mode de bobinage, les gaines sont disposées sur les boucles par avance, et qu'on n'enfile pas une boucle « double » dans une gaine. On opère ainsi du fait que les boucles devront être coupées avant la mise au collecteur; les gaines de différentes couleurs permettent l'identification des conducteurs d'entrée et de sortie de chaque section. Avant de commencer la seconde section, on fait tourner l'induit jusqu'au moment où la sortie de la première section se trouve au sommet, comme on peut le voir en B; la seconde section commence alors dans la même encoche, au-dessus de la première. Avant de commencer chaque section, on dispose sur la section précédente un ruban de toile huilée pour l'isoler de la section précédente. Après la seconde section, il suffit de continuer de cette manière jusqu'à bobinage complet de l'induit, comme on peut le voir en C, figure 135. Au fur et à mesure que le bobinage progresse, chaque encoche se remplit et, une fois pleine, chacune doit renfermer un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie, comme on peut le voir sur la figure 135, D. La table située sous la figure 135 montre dans quelles encoches commence et finit chaque section.

Précautions à prendre en mettant les gaines en place sur les entrées et sorties de sections. — Les illustrations suivantes montreront l'importance qu'il y a à disposer les gaines sur les conducteurs et non sur les boucles. Il faut faire très attention de disposer une gaine rouge sur un conducteur de section et une gaine blanche sur l'autre brin de la même boucle, par laquelle commence une nouvelle section.

Si l'on se reporte à la figure 135, schéma D, et si l'on considère la boucle F10-S11 comme la boucle de la section 11, il faut l'amener vers la droite et vers l'axe de cette section, la relier au collecteur, puis relier à la lame immédiatement à droite la boucle F3-S4 de la section 4, et ainsi de suite jusqu'à la fin; on a alors réalisé le montage suivant : la section 11 se trouve en série avec les sections 12-1-2-3-4. Remarquez que l'on passe par une série de cinq sections avant de rejoindre la lame suivante et que lorsque la section 11 se trouve en position de commutation, les autres sections se trouvent dans un champ actif. Un tel montage se traduirait par une commutation mauvaise, avec étincelles, en même temps que l'induit tournerait par à-coups; de plus, l'échauffement résultant amènerait une destruction rapide de l'induit s'il devait tourner pendant un certain temps dans ces conditions. Quand on coupe les boucles, le conducteur S11 de la section 11 devrait en réalité être amené à droite, comme précédemment décrit, puis S4 relié à la lame immédiatement à droite, etc., jusqu'à la fin. On amène alors le conducteur de sommet F11 de la section 11 à gauche sur la même lame que S4. On a de cette façon monté en série les sections 11-4-9-2-7-12-5-10-3-8-1-6 tout autour de l'induit, chaque section étant reliée dans l'ordre donné par les lames du collecteur, ce qui donne à chaque section la position convenable.

II. ENROULEMENT A SECTIONS DIVISÉES SUIVANT LEUR AXE

Ce type de bobinage à main ne se rencontre pas aussi fréquemment que les bobinages précédemment décrits, bien qu'il convienne le mieux quand il faut réaliser des sections de quelques spires en fil de forte section; la plupart des moteurs modernes sont réalisés avec des sections toutes faites de ce type. Néanmoins, quand on désire écarter les chignons de l'arbre, et quand la place disponible est réduite, il faut utiliser ce mode d'enroulement. L'induit de la figure 136 est utilisé dans un groupe turbo-électrique pour alimentation des phares de locomotive. L'espace laissé vide

entre le chignon et l'arbre est obtenu au moyen d'un mandrin en bois mis en place avant bobinage.

Différents stades du bobinage d'un induit à sections divisées diamétralement. — Sur les figures 136 et 137, on voit un induit bobiné directement au pas diamétral. Le nombre d'encoches doit être divisible par deux pour ce type de bobinage, car chaque section est bobinée à droite et à gauche de l'arbre en deux demi-sections partant et aboutissant aux mêmes encoches, qui

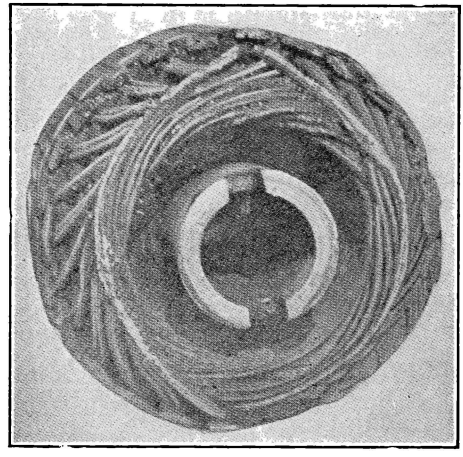


FIG. 136. — Aspect d'un chignon d'induit bobiné avec division diamétrale. Une section est bobinée de chaque côté de l'arbre, dans des encoches situées sur un diamètre. On voit la dernière section mise en place. Sur la figure 137, on peut suivre les différents stades de mise en place des sections.

doivent être diamétralement opposées. Les deux moitiés de la même section sont dans la même encoche au sommet et à la base de l'induit. Comme on peut le voir sur la figure 137, la première section commence dans l'encoche 1, avec une gaine blanche sur son conducteur d'entrée. On bobine deux spires, ou la moitié du nombre de spires de la section dans les encoches 1 à 7 en passant à droite de l'arbre, le fil étant disposé en couches. On dispose alors deux ou plus de deux spires à gauche de l'arbre, en partant et en aboutissant dans les mêmes encoches 1 et 7. Quand on a bobiné le nombre de spires voulu, la section se termine dans l'encoche 7 et l'on enfile une gaine rouge sur le fil de sortie.

Une section remplit seulement la moitié d'une encoche, et la moitié des spires de la section passe à gauche de l'arbre tandis

que l'autre moitié passe à droite de l'arbre. La seconde section est commencée dans l'encoche 2, deux spires passent à droite de

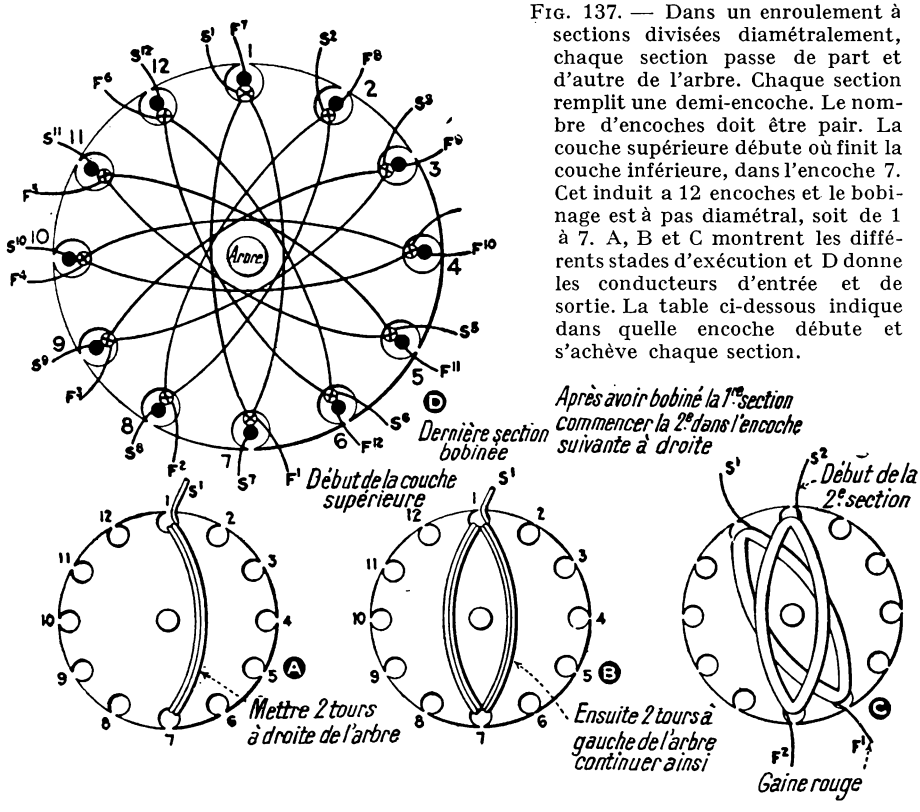


FIG. 137. — Dans un enroulement à sections divisées diamétralement, chaque section passe de part et d'autre de l'arbre. Chaque section remplit une demi-encoche. Le nombre d'encoches doit être pair. La couche supérieure débute où finit la couche inférieure, dans l'encoche 7. Cet induit a 12 encoches et le bobinage est à pas diamétral, soit de 1 à 7. A, B et C montrent les différents stades d'exécution et D donne les conducteurs d'entrée et de sortie. La table ci-dessous indique dans quelle encoche débute et s'achève chaque section.

De tableau ci-dessous indique dans quelles encoches commence et finit chaque bobine.

TABLEAU DE BOBINAGE

BOBINE N°	COMMENCE dans l'encoche n°	FINIT dans l'encoche n°	BOBINE N°	COMMENCE dans l'encoche n°	FINIT dans l'encoche n°
1	1	7	7	7	1
2	2	8	8	8	2
3	3	9	9	9	3
4	4	10	10	10	4
5	5	11	11	11	5
6	6	12	12	12	6
COUCHE INFÉRIEURE			COUCHE SUPÉRIEURE		

l'arbre, comme pour la première section, et deux à gauche, comme dans le cas de la première section. La deuxième section, qui com-

mence dans l'encoche 2, se termine dans l'encoche 8, comme on peut le voir sur la figure 137 C. Le bobinage se poursuit de la même manière, le début de chaque section se trouvant toujours

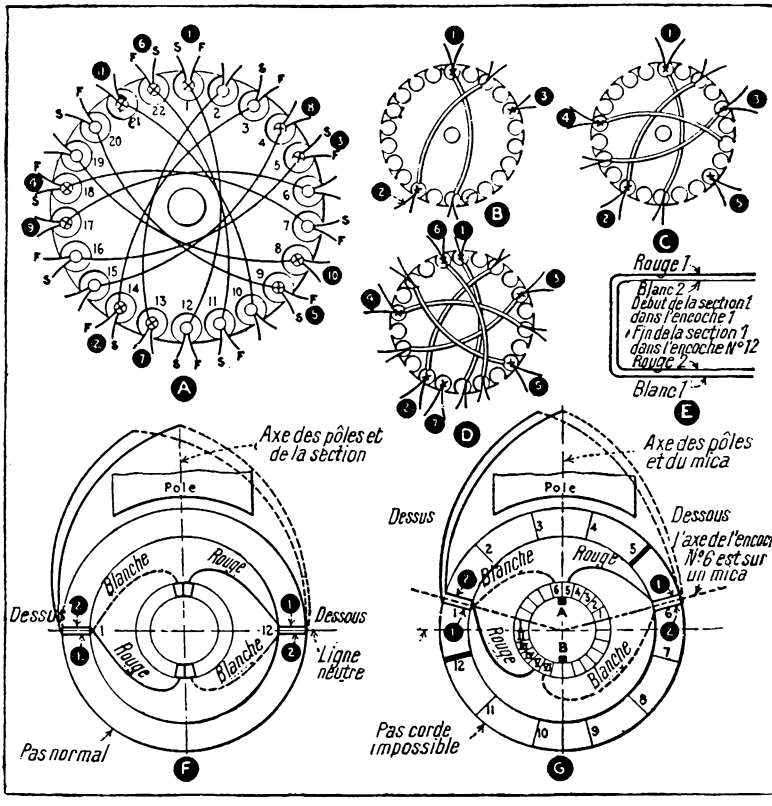


FIG. 138. — Schémas expliquant l'exécution d'un bobinage progressif. A montre les différents stades de ce bobinage, pour lequel nous donnons également la table 35. L'induit a 22 encoches, 66 lames au collecteur et le pas, de 1 à 12, est un pas diamétral. Les chiffres dans les petits cercles noirs donnent les numéros des sections dans l'ordre de leur mise en place. Les croix indiquent où commencent les sections. B, C et D expliquent comment les sections sont bobinées, et E comment disposer les gaines. Le rouge indique un conducteur inférieur et le blanc un conducteur supérieur. La méthode correcte de mise au collecteur est indiquée en F. On voit clairement en G qu'il n'est pas possible d'utiliser un pas cordé avec ce type de bobinage. Les lignes épaisses dans les encoches 12 et 5 indiquent la position de la section quand les balais touchent les lames 5 et 6.

dans l'encoche voisine du début de la section précédente. Quand la moitié des sections sera en place il y aura un conducteur qui sortira de chaque encoche. Six, soit la moitié, des conducteurs situés d'un côté sont des conducteurs d'entrée, tandis que six, de l'autre côté, sont des conducteurs de sortie. La couche supérieure

commence dans l'encoche qui contient le conducteur de sortie de la dernière section de la couche inférieure. Cette encoche porte le n° 7. On continue alors le bobinage comme précédemment, et quand toutes les encoches sont pleines chacune comporte un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie. La dernière section doit être ficelée en place au moyen d'une ficelle solide passant sous les autres sections.

III. BOBINAGE A MAIN PROGRESSIF, RAPIDE A EXÉCUTER

Ce bobinage à main progressif pour petits induits permettra de gagner du temps quand le nombre d'encoches n'est pas divi-

TABLE 35. — Enroulements progressifs divisés quand le nombre d'encoches est divisible par 4.

Section	12 encoches		16 encoches		20 encoches		24 encoches		28 encoches		32 encoches		36 encoches		Section
	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	
N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°
*1	1	& 7	1	& 9	1	& 11	1	& 13	1	& 15	1	& 17	1	& 19	1
2	9	3	11	3	13	3	15	3	17	3	19	3	21	3	2
3	→ 5	11	5	13	5	15	5	17	5	19	5	21	5	23	3
4	12	6	→ 15	7	17	7	19	7	21	7	23	7	25	7	4
5	8	2	8	16	→ 9	19	9	21	9	23	9	25	9	27	5
6	4	10	2	10	20	10	→ 23	11	25	11	27	11	29	11	6
7			12	4	12	2	12	24	→ 13	27	13	29	13	31	7
8			6	14	4	14	2	14	28	14	→ 31	15	33	15	8
9					16	6	16	4	16	2	16	32	→ 17	35	9
10					8	18	6	18	4	18	2	18	36	18	10
11							20	8	20	6	20	4	20	2	11
12							10	22	8	22	6	22	4	22	12
13									24	10	24	8	24	6	13
14									12	26	10	26	8	26	14
15											28	12	28	10	15
16											14	30	12	30	16
17													32	14	17
18													16	34	18

* La première ligne donne le pas d'enroulement.

→ Indique où l'on doit prendre la bobine adjacente au lieu de sauter une encoche.

sible par 4, et quand les sections sont bobinées à pas normal. Il ne faut pas essayer de réaliser ce bobinage avec un pas inférieur au pas diamétral. Nous allons montrer l'exécution de ce bobinage en refaisant l'induit d'un moteur de 1 CV, comportant 22 enco-

ches et 66 lames au collecteur, avec un pas de 1 à 12 (pas diamétral). Dans ce mode de bobinage, on réalise 11 sections, en remplissant totalement chaque encoche au fur et à mesure que le bobinage progresse. Il faut utiliser six fils en même temps, alors que dans un bobinage en boucle ordinaire, on utiliserait trois fils, bobinant ainsi 22 sections.

TABLE 36. — Enroulements progressifs divisés quand le nombre d'encoches n'est pas divisible par 4.

Section	10 encoches		14 encoches		18 encoches		22 encoches		26 encoches		30 encoches		34 encoches		Section
	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	Début dans l'encoche	Fin dans l'encoche	
N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°
1	1	& 6	1	& 8	1	& 10	1	& 12	1	& 14	1	& 16	1	& 8	1
2	8	3	10	3	12	3	14	3	16	3	18	3	20	13	2
3	5	10	5	12	5	14	5	16	5	18	5	20	5	22	3
4	2	7	14	7	16	7	18	7	20	7	22	7	24	7	4
5	9	4	9	2	9	18	9	20	9	22	9	24	9	26	5
6			4	11	2	11	22	11	24	11	26	11	28	11	6
7			13	6	13	4	13	2	13	26	13	28	13	30	7
8					6	15	4	15	2	15	20	15	32	15	8
9					17	8	17	6	17	4	17	2	17	34	9
10							8	19	6	19	4	19	2	19	10
11							21	10	21	8	21	6	21	4	11
12									10	23	8	23	6	23	12
13									25	12	25	10	25	8	13
14											12	27	10	27	14
15											29	14	29	12	15
16													14	31	16
													33	16	17

* La première ligne donne le pas de l'enroulement.
Il y a moitié moins de sections que d'encoches.
On saute toujours une encoche entre deux sections consécutives.

La figure 138 montre le bobinage terminé, et la table 35 donne l'ordre de mise en place des sections. Un cercle avec une croix indique le point de départ d'une section et les petits cercles noirs comportent des nombres qui indiquent le numéro de la section. Comme nous l'avons signalé précédemment, ce mode de bobinage remplit totalement l'encoche dès la mise en place de la première section. Toutefois, pendant le bobinage, les conducteurs doivent être repérés de telle sorte que chaque encoche renferme une entrée de section et une sortie.

Dans un bobinage parallèle ayant deux, trois, etc., fois plus de lames que d'encoches, on utiliserait deux, trois, etc., fils pour

bobiner l'induit, et tous les fils porteraient une gaine blanche pour montrer une fin de section. Identiquement, une gaine rouge ou noire serait utilisée pour montrer le début, mais, dans ce type de bobinage, on utilise deux fois plus de fils. Par exemple, l'enroulement considéré utilise six fils en même temps. Il en résulte que pour distinguer une section de sommet d'une section de base, les fils sont divisés en deux sections de trois fils avant de commencer le bobinage. Une section aurait d'abord une gaine blanche disposée sur trois fils, puis une gaine rouge. L'autre section com-

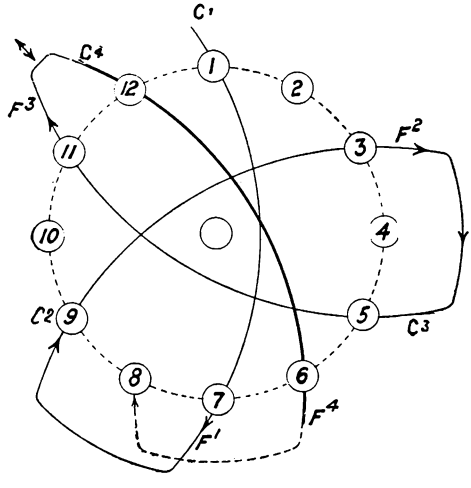


FIG. 139. — Ce schéma se rapporte au tableau de bobinage d'un enroulement progressif lorsque le nombre d'encoches est divisible par 4.

C_1 et F_1 sont le commencement et la fin de la première bobine. Les 3 premières bobines sont en place et le commencement de la 4e bobine, soit l'endroit où l'on compte 1 et 2, est indiqué par le signe (←→). La ligne pointillée indique la suite du bobinage, où on compte de nouveau 1 et 3.

porterait les gaines inverses, c'est-à-dire d'abord une gaine rouge puis une gaine blanche (voir E, figure 138). En opérant suivant cette méthode, quand une section globale est terminée, il y a dans chaque encoche une gaine blanche et une gaine rouge. On a ainsi séparé les conducteurs en trois conducteurs d'entrée et trois conducteurs de sortie dans chaque encoche.

Bobinage des sections dans un enroulement progressif divisé. — Les schémas B, C et D de la figure 138 montrent comment bobiner les sections. On voit en B les deux premières sections. La section 1 est bobinée dans les encoches 1 et 12, et la section 2 commence dans l'encoche 14, en sautant une encoche. On détermine identiquement le début de chaque section suivante. Si on appelle

encoche 1 celle dans laquelle se termine la première section, il suffit de compter l'encoche 3 dans le sens des aiguilles d'une montre. De cette manière d'opérer vient le nom d'enroulement « progressif ». On voit en C quatre sections en place, et six sections en D, ainsi que le point de départ de la septième. On remarquera que, pendant tout l'enroulement, il y a toujours une encoche vide entre les dernières sections mises en place, et ce, de chaque côté. La table 37 donne l'ordre de bobinage des sections.

TABLE 37*

Ordre de bobinage de l'enroulement de la figure 138

Section N°	Commence dans l'encoche N°	Finit dans l'encoche N°
1	1	12
2	14	3
3	5	16
4	18	7
5	9	20
6	22	11
7	13	2
8	4	15
9	17	6
10	8	19
11	21	10

(*) Cette table accompagne les schémas de la figure 138.

Les croquis F et G, figure 138, montrent comment les conducteurs sont reliés aux lames du collecteur, et pourquoi ce mode de bobinage doit être à pas diamétral. En F, on voit la section dans la région neutre, ses conducteurs étant reliés aux lames du collecteur de part et d'autre de l'axe de la section. Les conducteurs de la section 1 vont au sommet du collecteur, tandis que ceux de la section 2 vont vers la partie inférieure. Les deux conducteurs d'une section sont séparés par la ligne des pôles, ce qui montre que la mise au collecteur par rapport à la position de la section est correcte.

En G, le pas de la section est réduit, de 1 à 6, sur un induit à 12 encoches. Avec la section en position correcte de commutation, comme représenté, le conducteur inférieur de la section 1 est relié à la lame 5, et le conducteur supérieur à la lame 6. On a ainsi les conditions voulues pour réaliser une bonne commuta-

tion, mais quand tous les conducteurs inférieurs auront été mis au collecteur suivant ce schéma, la moitié des sections aura le pas voulu, alors que l'autre moitié en sera très éloignée, comme on peut le voir sur la section 2. Les conducteurs de la section 2 sont décalés de deux lames par rapport à leur position correcte, et quand les lames 5 et 6 sont sous le balai B, la section aura la position supposée donnée par les traits épais des encoches 5 et 12. On peut ainsi voir immédiatement qu'un tel bobinage ne peut se réaliser que pour un pas diamétral.

La table 38 donne les divers nombres d'encoches avec lesquels il est possible d'utiliser ce bobinage, ainsi que le pas des sections. La mise au collecteur est fonction de la position des balais, comme dans n'importe quel type de bobinage.

TABLE 38

Pas de section suivant le nombre d'encoches de l'induit

Nombre d'encoches	Pas de section
10	1 à 6
14	1 à 8
18	1 à 10
22	1 à 12
26	1 à 14
30	1 à 16
34	1 à 18
38	1 à 20
42	1 à 22

Détails importants du bobinage. — Il est important, avec ce type de bobinage, que les conducteurs soient correctement repérés. Dans ce but, la moitié des fils tenus en main pendant le bobinage sont utilisés pour une section, l'autre moitié pour la seconde section. Utilisez une gaine rouge pour marquer un conducteur de départ, ou inférieur, et une gaine blanche pour un conducteur de sortie, ou supérieur. Par suite, enfilez d'abord sur la moitié du fil de quatre à six gaines, alternativement rouges et blanches, en commençant par une rouge. Sur l'autre moitié, faites de même en commençant par une blanche. En commençant le bobinage d'une section, laissez un faisceau de fil recouvert d'une gaine rouge et blanche et, en finissant, d'une gaine blanche et rouge; vous aurez ainsi un fil d'entrée et un fil de sortie dans chaque encoche.

IV. BOBINAGE DES INDUITS DE DÉMARREURS ET DYNAMOS D'AUTOMOBILES

On peut, en général, employer pour les induits à 6 et 12 volts, fonctionnant sur batterie d'accumulateurs, les mêmes types de bobinage que pour les autres petits induits à courant continu. Quand on reçoit un tel induit à l'atelier, il faut l'examiner pour reconnaître son type de bobinage, l'isolement, la section des fils, la mise au collecteur. Toutes ces données devraient être notées comme nous l'avons indiqué au chapitre II. Quand le vieil induit est déshabillé, il doit être soigneusement nettoyé, puis, une fois que le rebobinage a été effectué, le collecteur devrait être tourné et rectifié, après quoi l'induit entier est essayé puis verni et cuit.

Nettoyage des induits d'automobile. — Après débobinage, l'induit peut être rapidement et proprement nettoyé par immersion dans un bon solvant de vernis, fabriqué par les principales maisons de vernis. Une solution de 25 % d'alcool et 75 % de benzol permet de ramollir le vieux vernis qui peut alors être facilement gratté. Des solutions alcalines, telles que celles de soude chaude sont également efficaces pour enlever les vieux vernis, sans attaquer les paquets de tôles feuilletées, mais elles s'infiltrent entre les tôles quand ces dernières ne sont pas serrées, et elles peuvent amener des claquages d'isolants à moins que le circuit magnétique ne soit soigneusement lavé et séché après passage dans cette solution.

Isolement nécessaire. — Pour isoler les petits induits d'automobiles, on peut employer en général un isolant composé à partir de fish papier[1] de 0,10 mm et de toile de 0,15 mm collés ensemble à la gomme laque. On obtiendra ainsi une épaisseur d'environ 0,25 mm, amplement suffisante[2]. On peut se procurer aussi bien le fish papier que la toile sous forme de feuilles de 0,60 × 0,90 cm que l'on colle ensemble et que l'on débite à la dimension exigée par les encoches au moyen d'une grande cisaille. En plus de cet isolant composé il est bon de disposer en magasin de rouleaux de fish papier de 0,13 et 0,20 mm d'épaisseur et de fibre rouge de 0,20 mm pour y découper des bandes d'isolant. On peut se procurer cette fibre rouge en rouleaux de petite largeur, dont les dimensions les plus convenables sont Ø = 30 à 38 cm et 75 cm de large. Le chapitre III décrit l'isolement par bandes d'isolant.

(1) Leatheroïd ou carton souple.

(2) Cet ensemble en français forme es bisolites.

Si le bobinage doit subir une immersion dans la bakélite suivie d'un étuvage, l'isolement des têtes de bobines entre elles doit être supprimé, ainsi que les cales d'encoches. Il faut alors couper l'isolant au ras du sommet de l'encoche et, si l'on désire un travail de belle apparence, on dispose simplement d'une cale de fish papier de 0,25 mm d'épaisseur, un peu bombée, afin de relier les extrémités de l'isolant de l'encoche tout en fermant celle-ci. Une telle méthode n'est applicable qu'aux induits qui doivent être immergés dans la bakélite, qui lie les conducteurs entre eux et les empêche de sortir des encoches. Il n'est alors pas nécessaire de disposer une cale de séparation entre la section supé-

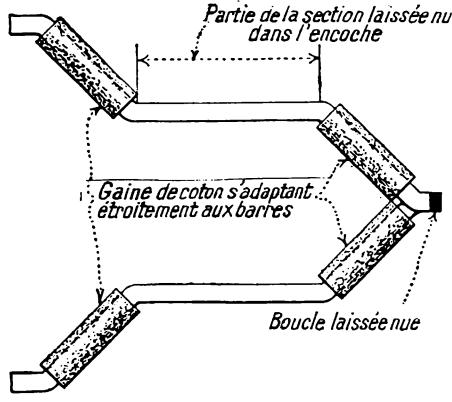


FIG. 140. — Isolation des barres de cuivre nu lorsqu'on doit immerger l'enroulement dans un vernis de bakélite.

rieure et la section inférieure, et on peut supprimer le gainage des connexions, à moins qu'il ne soit nécessaire comme moyen d'identification des fils d'entrée et de sortie au moment de la mise au collecteur.

Quand on bobine, au moyen de barres de cuivre, un induit qui devra être bakélisé, l'isolement de ces sections peut être constitué de la façon suivante : si le nombre de sections est pair, on peut en laisser la moitié en cuivre nu; s'il est impair, la moitié moins une. On peut alors isoler l'autre moitié de la façon indiquée par la figure 140. Ce mode d'isolement consiste à recouvrir la barre de cuivre d'un gainage coton qui la recouvre étroitement, de façon à isoler les parties frontales des sections. Il faut dans ce cas isoler les encoches au moyen de fish papier de 0,18, 0,25 ou 0,38 mm d'épaisseur, suivant l'espace disponible. Pour des raisons de résistance mécanique, il faut toujours utiliser l'épaisseur maximum. Entre les sections d'une même encoche, il faudra dis-

poser une entremise de 0,18 à 0,25 mm, en fish papier ou en presspahn; il est encore préférable, quand la place le permet, d'utiliser de la ficelle tendre (comme le lin) que l'on enroule en zig zag d'une encoche à l'autre, sur la couche inférieure des sections. Le diamètre de cette ficelle sera choisi de telle sorte que l'introduction de la section supérieure l'aplatisse afin qu'elle remplisse la largeur de l'encoche. Cette ficelle facilite l'aspiration de la bakélite liquide pendant l'immersion, car elle agit comme une mèche. Elle contribue aussi à maintenir les sections en place sans l'emploi de cales. Si l'on emploie une entremise en fish papier, elle devra être coupée à la largeur exacte de l'encoche isolée, et devra dépasser à chaque extrémité d'au moins 7 millimètres les coudes des têtes de section.

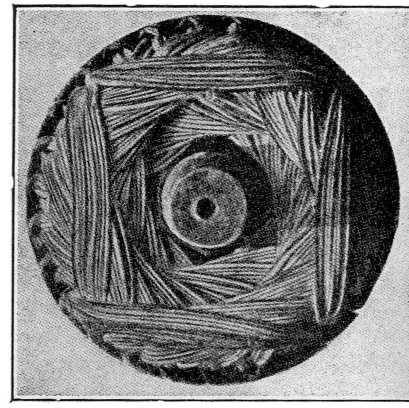


FIG. 141. — Cet enroulement en couches, exécuté à la main, occupe très peu de place. Habituellement, un tel enroulement s'exécute en utilisant des sections préfabriquées. Toutefois, dans ce cas, le manque de place a obligé à bobiner à la main. Le nombre de spires par section est assez réduit et le fil est de gros diamètre. Pour vous faire une idée de l'exécution d'un tel bobinage, voyez figure 142.

Fils de bobinage. — Le diamètre des fils utilisés sur les induits d'automobiles varie de 0,8 à 3,3 mm. Il est généralement bon de les donner au bobineur en rouleaux de 4,5 kg environ, ces petits rouleaux provenant du fractionnement des bobines importantes reçues au magasin; on réduit ainsi la quantité de fils sur l'établi de bobinage tout en évitant au bobineur de perdre le temps nécessaire à la recherche du fil destiné à l'exécution d'une commande. Beaucoup d'induits comportent de 2 à 14 fils en parallèle et, dans ce cas, il est préférable d'alimenter le bobineur en paquets et non en rouleaux; il est facile de déterminer la longueur de fil qui doit prendre place sur un induit, longueur qui sera disposée en paquets par un magasinier, nouvelle source d'économie du temps du bobineur. Dans un atelier qui répare fréquemment des induits dont les sections comportent un grand nombre de spires, soit 50 à 100, une machine à bobiner économisera un temps important et sera rapidement amortie.

Bobinage des induits à 32 volts. — On peut suivre dans le cas de ces induits, souvent utilisés dans les fermes conjointement

avec une installation d'éclairage, le même mode opératoire que pour les induits à 6 et à 12 volts.

ENROULEMENT A COUCHES POUR INDUIT D'AUTOMOBILE

Dans quelques induits de génératrices d'automobiles, on emploie un type de bobinage à main connu sous le nom de bobinage à couches. Ce mode d'enroulement est utile quand les sections comportent de 1 à 9 spires de fil de grosse section et que la place disponible pour les chignons est réduite. La figure 141 représente un tel enroulement, sur induit tétrapolaire, avec mise au collecteur telle que l'on a un enroulement ondulé.

Cet enroulement n'est réalisable que lorsque le nombre d'encoches, le nombre de pôles et le pas satisfont à l'équation suivante :

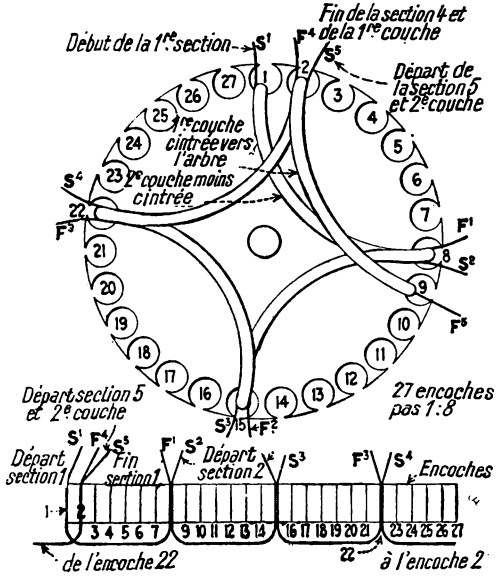
(Nombre de pôles $\times$ pas) $+$ ou $-$ 1 $=$ nombre d'encoches.

Si le signe est moins, l'enroulement sera progressif, s'il est plus, il sera rétrograde. L'induit de la figure 142 a 4 pôles et 27 encoches; le pas est de 1 à 8, soit 7 encoches, donc l'enroulement est progressif. Le même induit avec 29 encoches aurait donné un pas rétrograde.

La caractéristique distinctive de ce type de bobinage est que quatre bobines sont visibles à l'arrière; les conducteurs sont disposés en couches successives, la couche inférieure se trouvant au voisinage de l'arbre, et les couches suivantes s'en éloignant de plus en plus, comme on peut le voir sur la figure 141.

Exécution du bobinage. — Avant de commencer, il faut disposer sur le fil de bobinage un certain nombre de gaines de coton alternativement rouges et blanches, en commençant par une gaine blanche; on commence à bobiner dans l'encoche 1, le fil d'entrée muni d'une gaine blanche, puis on passe à droite de l'arbre pour se diriger vers l'encoche 8 que l'on traverse, laissant sur le fil de sortie de cette encoche une gaine rouge. Lors du bobinage de la première section, il faut la cintrer vers l'arbre, comme le montre la figure 142. Commencer la seconde section dans l'encoche 8, dans laquelle la première s'est terminée, et poursuivez identiquement dans l'encoche 15. Le bobinage continue de même pour les sections 3 et 4, cette dernière se terminant dans l'encoche 2. Avec la section 5, on commence dans l'encoche 2 la seconde

couche du bobinage; les sections de cette couche doivent être moins cintrées dans le voisinage de l'arbre que les sections de la première couche, figure 142. Les autres sections sont mises en place conformément à la table de la même figure, et elles s'éloignent de l'arbre au fur et à mesure que le bobinage progresse.



SECTION N°	COMMENCE dans l'encoche N°	SE TERMINE dans l'encoche N°	couche
1	1	8	
2	8	15	1
3	15	22	
4	22	2	
5	2	9	
6	9	16	2
7	16	23	
8	23	3	
9	3	10	
10	10	17	3
11	17	24	
12	24	4	
13	4	11	
14	11	18	4
15	18	25	
16	25	5	
17	5	12	
18	12	19	5
19	19	26	
20	26	6	
21	6	13	
22	13	20	6
23	20	27	
24	27	7	
25	7	14	
26	14	21	7
27	21	1	

FIG. 142. — Comment exécuter un bobinage à couches. Ce type de bobinage est utilisé quand il y a peu de spires par section, mais en fil relativement gros, et quand il n'y a pas de place pour les chignons, ce qui empêche d'utiliser des sections préfabriquées. La première couche comporte quatre sections qui entourent l'arbre, la fin de la quatrième section se trouvant dans l'encoche où débute la première. La seconde couche se répartit de la même manière, les têtes de section de cette couche se trouvant sur les têtes de la couche précédente (voir fig. 141). Une fois fini, cet enroulement est un enroulement ondulé. Un tel bobinage n'est possible que lorsque les équations suivantes sont vérifiées : (nb. de pôles × pas) ± 1 = nb. d'encoches. Dans l'induit représenté, cette équation est la suivante : (4 × 7) — 1 = 27. Cet enroulement est progressif. Si le signe avait été + au lieu de —, l'enroulement aurait été rétrograde. Par exemple (4 × 7) + 1 = 29 indique un enroulement rétrograde. Le nombre de couches est égal au nombre d'encoches divisé par le nombre de pôles, soit dans ce cas 27/4 = 7. La table suivante indique les encoches dans lesquelles les sections débutent et se terminent.

Confection des chignons. — Il existe un artifice pour réussir les chignons de cet enroulement sans les tasser avec un maillet. Ce tour de main consiste à placer la première spire sur la face latérale de l'induit au milieu de l'espace que doit occuper la section complète; on dispose ensuite les spires suivantes de part et d'autre, c'est-à-dire la deuxième spire à droite, la troisième à gauche, la quatrième à droite, et ainsi de suite. On peut bobiner

avec des fils en paquets, mais il faut commencer à étaler les fils le plus près possible de leur sortie des encoches.

Mise au collecteur. — Pour mettre cet enroulement au collecteur, on suit la même méthode que pour les enroulements précédemment décrits, à sections parallèles ou en V. Ce bobinage après connexion forme un enroulement ondulé tétrapolaire.

CHAPITRE XIII

BOBINAGE EN V, DE SOMMET A BASE, NOMBRE D'ENCOCHES PAIR, PAR MOITIÉS ET CONTINU

Bobinage par moitiés.— Les données des chapitres précédents traitaient des enroulements à boucle droite sur induits pour courant continu, qui ont un champ d'application important dans le cas de petits induits bobinés à grande vitesse sur des machines spéciales. Le bobinage à boucles droites, s'il est utilisé avec des induits bipolaires de plus grande taille ou si l'induit considéré comporte de nombreuses spires de fil de grosse section, demande une place considérable pour le logement des chignons, et sa mise en forme devient ditfficile. Dans ce cas, le bobinage à boucle en V séparé, décrit dans ce chapitre, permet la réalisation de chignons de faible encombrement. Il existe de multiples variantes de ce mode d'enroulement, mais nous ne considérerons que les trois principales dans ce chapitre et dans le chapitre suivant. Elles ne diffèrent que par la façon dont l'enroulement est commencé et dans l'ordre de bobinage des sections.

Le bobinage à pas à gauche, en V séparé, décrit en premier lieu, est un enroulement à pas inférieur au pas diamétral, pour moteurs bipolaires, et on peut le définir comme « continu » ou « bobiné en deux moitiés continues », de sommet à base d'encoche.

Le terme « en V séparé » provient du fait que deux sections forment un V avec une encoche commune à la base; par exemple, sur la figure 145, on voit deux sections qui sortent de l'encoche 7, pour former un V dont les branches aboutissent aux encoches 1 et 13. Le terme « continu » prend son origine dans le fait qu'après bobinage de la première section, la section suivante commence dans l'encoche où se termine la section précédente. Le terme « bobiné en deux moitiés continues » provient du fait qu'avec un nombre pair d'encoches et un pas pair, comme, par

exemple, 14 encoches et un pas de 1 à 7, une série de sections comportant un nombre de sections égal à la moitié du nombre total de sections, se termine dans l'encoche qui a servi de départ. Il faut alors terminer l'enroulement dans la série d'encoches laissées libres, et l'enroulement comporte deux moitiés distinctes et continues. Quand le pas est impair, soit de 1 à 6, ou 5 encoches, et que le nombre d'encoches est pair, l'enroulement est continu.

Nous traiterons en premier lieu de l'enroulement en V séparé bobiné en deux moitiés continues. Il ne faut pas oublier que les photographies ont été obtenues en déshabillant un induit d'abord totalement bobiné. On a ainsi des photographies qui montrent mieux la forme des sections et des conducteurs.

Tables de bobinage. — Les tables de bobinage données dans ce chapitre donnent les différents stades du bobinage pour des induits de 10, 14, 18, 22, 26 et 30 encoches, avec pas pair inférieur au pas diamétral. La table principale, n° 39, donne une liste des induits de 10 à 30 encoches, de deux en deux, et montre si le pas est pair ou impair, ainsi que le cas du bobinage en deux moitiés ou continu. La première partie de ce chapitre ne considérera que les induits bobinés en deux moitiés, et il en résulte que seules les tables 40, 42, 44, 46, 48 et 50 doivent être utilisées avec ce chapitre. Pour utiliser la table 39, comptez en premier lieu le nombre d'encoches, puis le pas; la colonne 5 ou 6 indiquera le type de bobinage, en moitiés séparées ou continu, et la dernière colonne donnera la table à utiliser. Par exemple, nous voulons bobiner un induit à 14 encoches avec pas pair de 1 à 7, soit 6 encoches. La table 39 montre que cet induit sera bobiné en moitiés séparées, et, en se reportant à la table 42, qui donne une description détaillée du bobinage, qu'il faut utiliser un bobinage en V séparé.

MODE DE REPRÉSENTATION DU BOBINAGE

Pour comprendre comment sont vus les schémas et les photographies qui illustrent ce chapitre, il faut se reporter aux figures 143 A à D. La figure 143 A donne une vue en plan d'un induit monté sur un tour de bobinage dont le mouvement de rotation se fait dans le sens des aiguilles d'une montre. En A, les conducteurs d'entrée se trouvent du côté avant, ou côté collecteur, comme on peut le voir en se reportant au premier fil d'entrée 1, encoche 1, repérés par le chiffre romain I. Le fil ressort

en II à la partie arrière de l'encoche 1. Une rotation de l'induit de 90° donne alors la vue 143 B, sur laquelle on voit les conducteurs passer à droite de l'arbre de l'encoche 1 à l'encoche 7, soit de II à III, côté arrière de l'induit.

Toutes les vues arrières de ce chapitre sont basées sur des

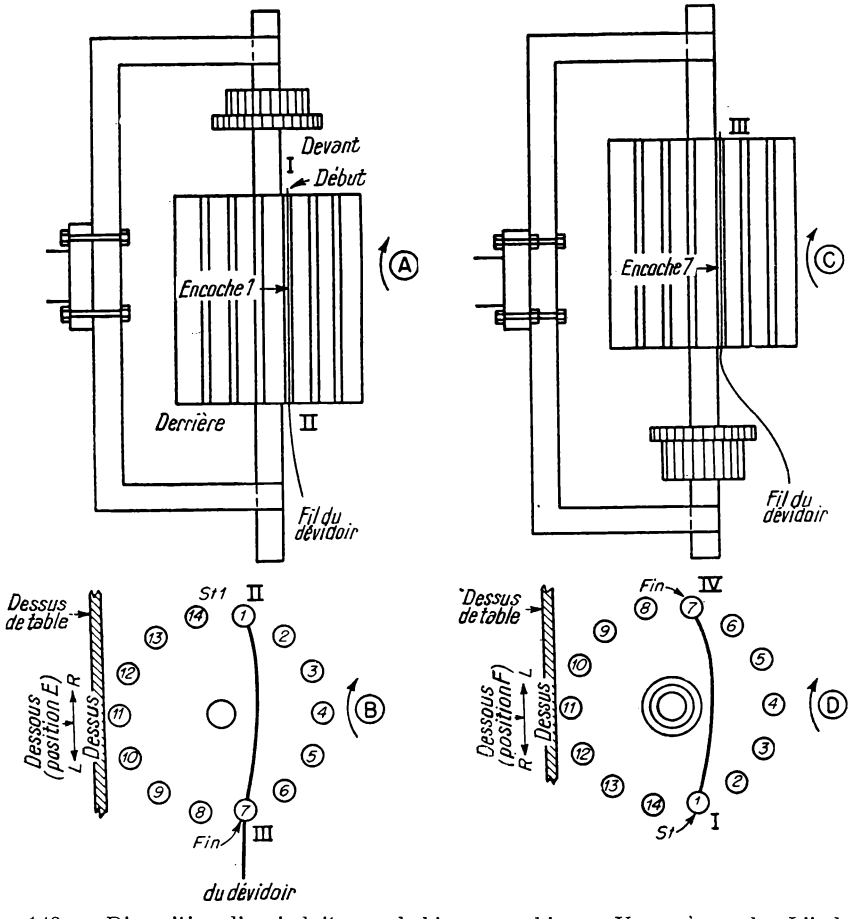


FIG. 143. — Disposition d'un induit pour bobinage machine en V, pas à gauche. L'induit est décalé dans le sens des aiguilles d'une montre et le fil passe à droite de l'arbre.

schémas ou des photographies dans la même position que sur le schéma 143 B, position E, ou après rotation de 90°, de telle sorte que la dernière section bobinée se voie de gauche à droite au-dessus de l'arbre. Dans ce cas, les conducteurs de départ se trouvent en II et les conducteurs de sortie en III, côté avant de l'induit. Il en résulte que lorsque des conducteurs sont indiqués

sur une vue arrière, ils sont indiqués tels qu'ils se présentent sur la face avant vue de l'arrière.

La figure 143 C représente l'induit après une autre rotation de 90°, l'encoche 7 au sommet et les conducteurs sortant de l'encoche 7, en III, pour ressortir sur la face avant en IV. Cette position est celle des conducteurs de sortie. La figure 143 D représente l'induit après une nouvelle rotation de 90°, qui montre comment les spires sont disposées du côté avant, des encoches 7 ou IV à 1 ou I. Ainsi, la figure 143 D tournée de 90° représente totalement les extrémités avant de l'induit telles qu'elles seront représentées sur les schémas de bobinage et les photographies. En comparant les figures 143 B et 149, en faisant tourner le livre de 90° vers la gauche, on peut se rendre compte comment seront représentés sur les schémas et les photographies les côtés avant et arrière de l'induit. Comparez alors la figure 144 à la figure 143 D et voyez le numérotage des conducteurs. Un examen attentif de la position de cette section et de la disposition des conducteurs permettra de comprendre sans difficulté les instructions de bobinage qui suivent.

DIFFÉRENTS STADES DU BOBINAGE

Notre exposé du bobinage en V en deux moitiés à boucle sera divisé en huit groupes.

Groupe 1. Première boucle en V. — Nous commencerons le groupe 1 par les sections 1 et 2, tables 39 et 42, figures 144 et 145. La figure 144 est celle d'un schéma de bobinage qui donne la mise en place des sections 1 et 2. Tous les schémas de bobinage comportent l'indication « St. » ou « S » pour les fils d'entrée et l'indice qui affecte la lettre S est le numéro de la section qui commence avec ce conducteur. La flèche indique la direction dans laquelle les conducteurs sont bobinés sur l'induit. La désignation « Fin. » ou « F » indique le conducteur de sortie d'une section. La boucle qui sépare deux sections dans une encoche donnée indique que la section suivante commence là où finissait la section précédente, par exemple, comme dans l'encoche 7, figure 144. Le nombre dans un cercle terminé par une flèche indique le numéro de la section et l'encoche dans laquelle elle commence. Ce cercle disposé au voisinage d'une encoche montre où commence une section, ainsi que son sens de bobinage côté arrière de l'induit. Toutes les encoches sont numérotées dans le sens des aiguilles d'une montre, soit de gauche à droite.

On voit sur la figure 144 comment la section 1 est commencée au fond de l'encoche 1 et comment elle se termine au fond de l'encoche 7; on peut dire que la section 1 est bobinée de base à base. Cet induit a 14 encoches, un pas de 1 à 7, 28 lames au collecteur, 6 spires par section simple, chacune étant bobinée au moyen de deux fils émaillés sous une couche de coton de 14/10, avec deux conducteurs par gaine de coton, comme on peut le voir sur la figure 145. Nous n'avons utilisé de gaines que d'une couleur pour montrer une autre méthode de repérage des fils d'entrée et de sortie; quel que soit le bobinage, tous les conducteurs d'entrée, S, doivent être distingués des conducteurs de sortie, F.

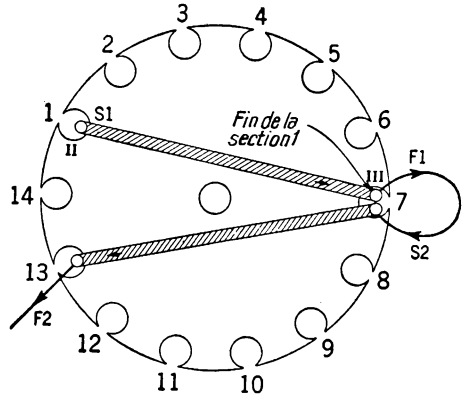


FIG. 144. — La section 1 débute dans l'encoche 1 et se termine dans l'encoche 7, bobinée de base à base. La section 2 débute dans l'encoche 7 et s'achève dans l'encoche 13, bobinée de sommet à base. L'encoche 7, pleine, peut être calée. Dans tous les schémas de bobinage, les deux dernières sections mises en place sont hachurées. Repérez bien le conducteur de sortie de la section 1.

On peut arriver à ce résultat en utilisant des gaines de coton de couleurs différentes, mais on peut également disposer tous les conducteurs dans la même gaine en repérant le conducteur d'entrée, par exemple, au moyen de quelques tours de fil noir. En fait, les gaines de couleurs différentes sont d'un emploi plus rapide en même temps que les risques de confusion des conducteurs sont moindres.

Il en résulte que si chaque conducteur se trouve recouvert d'une gaine individuelle, il faut utiliser deux couleurs pour identifier chaque section, en même temps qu'il faut attacher ensemble les conducteurs pour repérer tous les conducteurs de départ ou d'entrée. Une fois qu'un système de repérage a été adopté, il faut conserver le même jusqu'à la fin du bobinage. Quand on utilise des fils de couleurs différentes, qu'il est possible d'obtenir en

quatre couleurs, on peut se dispenser des gaines, sur les induits basse tension, tout en utilisant trois ou quatre fils en même temps.

La figure 145 montre comment les fils sont mis en forme à l'arrière de l'induit; remarquez le dégagement des encoches 2 à 6, ainsi que le cintrage des fils en D, au croisement avec l'arbre. Comparez cette figure à la figure 143 B, position E; remarquez dans ce cas que les conducteurs de départ, ou de base, ne sont pas mis au collecteur pendant le bobinage. La figure 145 montre que les sections sont à pas à gauche; elle représente la section 1 vue du côté opposé au collecteur. Dans ce cas, de même que dans

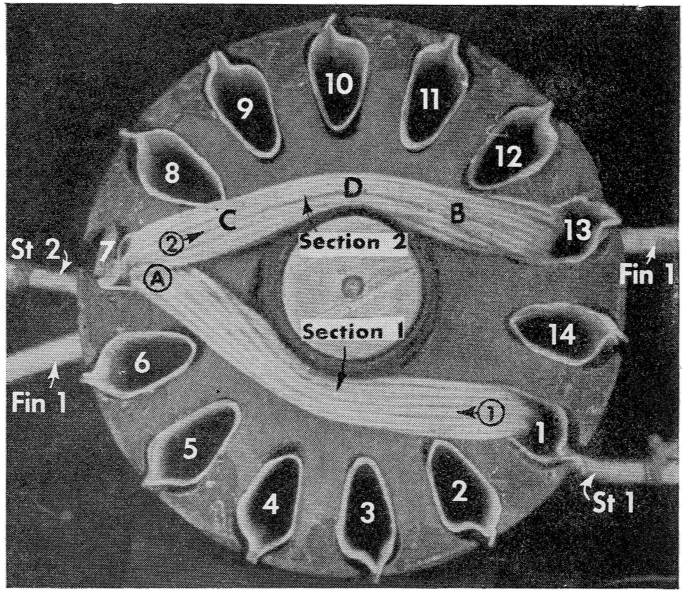


FIG. 145. — Les sections 1 et 2 sont bobinées, formant le premier V dans les encoches 7 à 1 et 13. La section 2 est bobinée de sommet à base ; elle débute au sommet de l'encoche 7, et elle est bobinée de gauche à droite du côté droit de l'arbre.

toute vue arrière, n'oubliez pas que les conducteurs sortent du côté avant, ou côté collecteur; cette vue est identique à la vue de la figure 143 B, position E. Remarquez comment les encoches 2 à 6 sont bien dégagées, et plus spécialement les encoches 3, 4 et 5. Les conducteurs de section sont disposés sur les côtés des encoches. La section 1 est bobinée de base à base, de gauche à droite du côté de l'arbre, comme on peut le voir sur les figures 143 A et B. Dans le cas du bobinage enroulé en deux moitiés, il est bon de repérer les conducteurs de sortie de la section 1 en tor-

dant ensemble les conducteurs en boucle. Nous donnerons l'explication de cette mesure par la suite. Les figures 144 et 145 montrent un stade important du bobinage en V séparé continu, celui auquel il est possible de montrer comment l'enroulement est continu. On voit sur ces deux figures que la seconde section est commencée au sommet de la section 1 dans l'encoche 7 dans laquelle se termine la section 1, comme on peut le voir figure 144. Faites une rotation de la figure 144 pour porter l'encoche 3 en bas, et vous verrez la position réelle de la section 2 en cours de bobinage. Cette section est bobinée de sommet à base de l'encoche 7 à l'encoche 13, ce qui remplit l'encoche 7, tout en formant un V avec la première section, figure 144.

La figure 145 représente la section 2 vue du côté arrière bobinée dans les encoches 7 à 13. Remarquez que l'encoche 7 est pleine, tandis que l'encoche 13 est seulement à demi-remplie, ce qui explique l'expression de sommet à base. Il faut étudier soigneusement cette photographie car, avec la figure précédente, elle donne les bases de cet enroulement en V continu. Notez que l'encoche 7 a été calée et qu'il en sort deux conducteurs, un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie. En A, figure 145, on a disposé au point de croisement de ces deux sections une petite cale isolante, mais elle n'est pas visible sur la figure.

Ainsi, le groupe 1, figures 143 à 145, montre les deux premières sections disposées dans les encoches 1-7-13, avec remplissage d'une encoche, une des sections bobinée de base à base, la seconde de sommet à base, les deux formant un V dont le sommet se trouve dans l'encoche 7. La figure 145 montre en détail comment les sections représentées sur le schéma de bobinage sont mises en place (fig. 143) et repérées.

Groupe 2. Sections 3 et 4. — Le groupe 2, figures 145 à 148, montre comment le groupe 2, formant le second V, et composé des sections 3 et 4, est mis en place. La figure 146, schéma de bobinage, montre comment la section 3 commence dans l'encoche 13, dans laquelle se termine la section 2. En d'autres termes, la section 3 est bobinée de sommet à base de l'encoche 13 à l'encoche 5, et il est possible de caler l'encoche 13. Si l'on tient la figure 146 de telle sorte que l'encoche 9 se trouve à la partie inférieure, on voit que la section 3 est bobinée de gauche à droite, comme dans la figure 147 qui représente la troisième section en place. En commençant la troisième section, on met en place un ruban isolant qui recouvre les sections 1 et 2. On voit cet isolant en A et E; il est composé d'un ruban de 0,27 mm d'épaisseur en

coton, et de 25 millimètres de large. Ce ruban est mis en place sous chaque section, à l'avant et à l'arrière, au début du bobi-

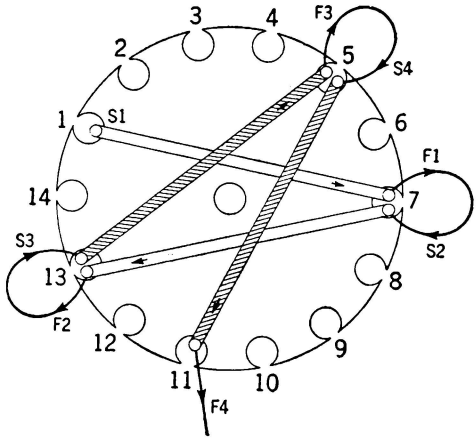


FIG. 146. — Les sections 3 et 4 sont bobinées de sommet à base, remplissant les encoches 13 et 5. La section 3 va de l'encoche 13 à l'encoche 5, la section 4 de l'encoche 5 à l'encoche 11. Notez que chaque section bobinée forme un V avec la section précédente.

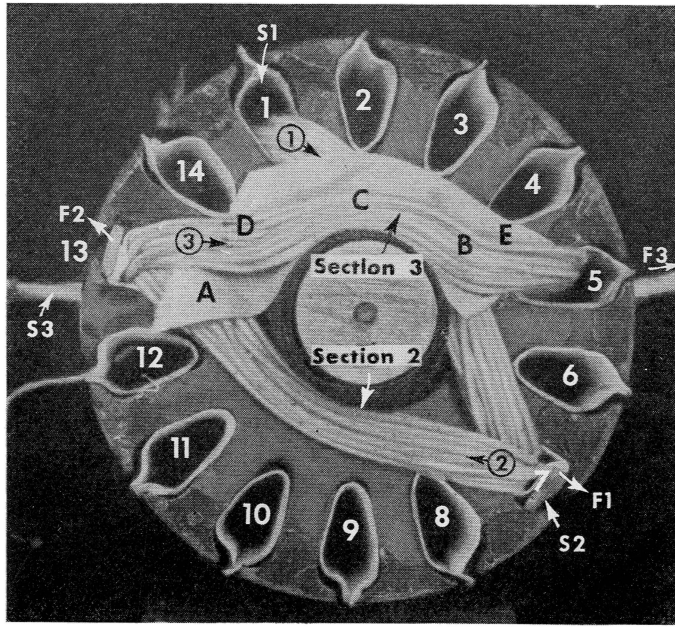


FIG. 147. — La section 3 est bobinée de sommet à base dans les encoches 13 à 5. L'encoche 13, remplie, peut être calée. Voir figure 146. Notez le ruban isolant disposé sous la section 3, de A à E, et comment la section est formée en B, C et D.

nage de la section 3, et sa disposition doit être telle qu'il recouvre les sections précédemment mises en place. Ce ruban est serré par la première spire de la nouvelle section en cours de bobinage, au moment où cette spire passe par un des chignons.

La figure 147 montre comment les têtes de sections sont formées sous les encoches 4 et 14 en E et D, pour laisser le passage des autres sections. Notez la modification de forme en C au passage sur l'arbre. Dans tous les bobinages au tour ou à la main, le point essentiel est de respecter la forme, facile à donner, des

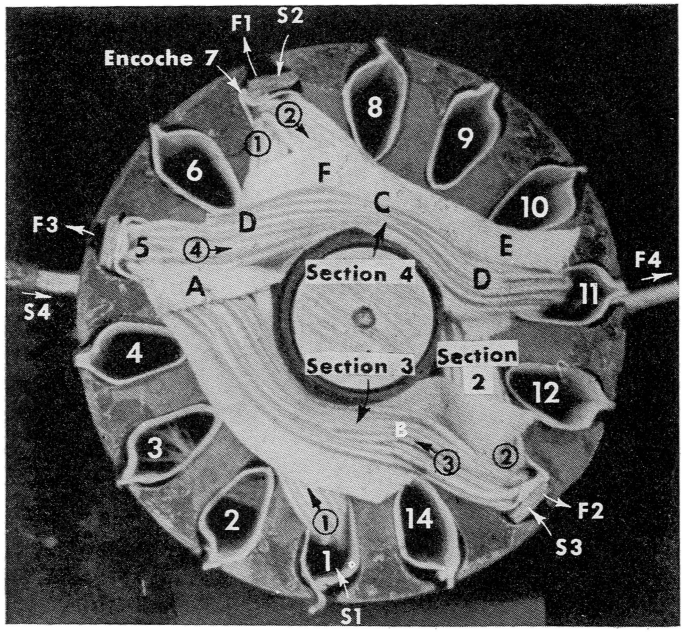


FIG. 148.

têtes de bobine. On doit y arriver avec le minimum de « martelage » des sections, aux endroits voulus, pour empêcher le « grossissement » du bobinage, et pour éviter de donner aux chignons un volume exagéré. Il faut donc examiner soigneusement toutes les photographies pour bien comprendre la forme à donner aux sections.

Si l'on tourne la figure 146 pour amener l'encoche 1 à la partie inférieure, comme sur la figure 148, on voit la section 4 bobinée de sommet à base de l'encoche 5 à l'encoche 11; autrement dit, la section 4 commence là où la section 3 s'achève. L'encoche 5,

qui se trouve ainsi remplie, est ensuite calée. On voit sur la figure 148 que la section 4 a été mise en place, ainsi que le ruban isolant qui la protège des sections 1, 2 et 3. Remarquez la forme des têtes de sections en B, C, D. En B, les sections sont envoyées presque directement vers l'arbre au sortir de l'encoche 4 pour dégager l'encoche 10.

Sur les figures 146 à 148, remarquez que chaque section commence dans l'encoche où se finissait la section précédente, ce qui se traduit par le fait que chaque section forme un V avec la section précédemment mise en place; de même, la fin de la section précédente reliée à l'entrée de la section suivante donne un bobinage continu. Toutes les photographies de ce bobinage comportent les mêmes notations que les schémas de bobinage, par exemple figures 144 et 146; il est alors possible, en comparant les photographies et les schémas de comprendre facilement les règles générales de ce bobinage.

Groupe 3. Sections 5 et 6. — Tournez le schéma de bobinage, figure 149, pour amener l'encoche 7 à la base, et vous ver-

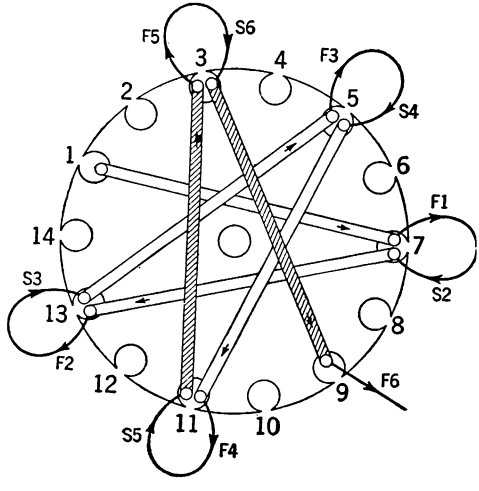


FIG. 149. — Les sections 5 et 6 sont bobinées de sommet à base, remplissant les encoches 3 et 11. La section 5 est dans les encoches 11 à 3, la section 6 dans les encoches 3 à 9. Les encoches 3, 5, 7, 11 et 13, remplies, peuvent être calées.

rez que la section 5 est bobinée de sommet à base, de l'encoche 11 à l'encoche 3, son début se trouvant là où la section 4 se termine en F 4. Tournez alors la figure 149 pour amener l'encoche 13 à la partie inférieure, et vous voyez que la section 6 est bobinée de

sommet à base de l'encoche 3 à l'encoche 9. On a à ce stade bobiné six sections qui forment un enroulement continu, figure 150.

Faites tourner la figure 150 pour amener l'encoche 7 à la base, et la section 5 se trouvera en position de bobinage; remarquez comment les extrémités de section sont formées au passage sous les encoches 2 et 12, soit en B-C-D. Le ruban isolant AE couvre les sections 1, 2, 3 et 4. Si vous tournez alors la figure 150 pour amener l'encoche 2 à la base, la section 6 se trouve en position

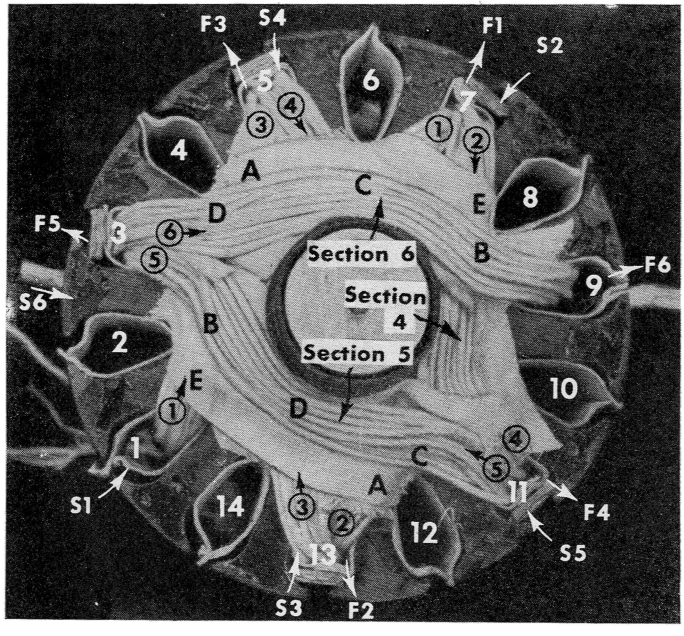


FIG. 150. — Les sections 5 et 6 sont bobinées de sommet à base. La section dans les encoches 11 à 3 et la section 6 dans les encoches 3 à 9, formant ainsi le troisième V. Notez le ruban isolant sous les sections 5 et 6. Les encoches 11 et 3, remplies, peuvent être calées, une fois que les sections 5 et 6 sont en place.

de bobinage, de l'encoche 3 à l'encoche 9, et le ruban isolant AE recouvre les sections 1 à 5. Ces six premières sections remplissent les encoches 3-5-7-11-13, les encoches 1 à 9 se trouvant à demi-remplies, la première par le début de la section 1, en S1, et la section 9 par la fin de la section 6 en F6. Notez sur la figure 150 que le bobinage a toujours été disposé de façon à laisser libre les encoches encore vides, soit 2-4-6-8-10-12-14, et que chaque section, après la section 2, forme un V avec la section précédente.

Groupe 4. Section 7, fin de la première moitié. — Le schéma de bobinage, figure 151, et la table 42 montrent que 7, qui commence là où finit la section 6, en F6, est bobinée de sommet à sommet de l'encoche 9 à l'encoche 1. Tournez la figure 151 de façon à ce que l'encoche 5 se trouve à la partie inférieure, ce qui amène la section hachurée, n° 7, au sommet de la figure, au-dessus de l'arbre.

Sur la figure 151, nous voyons que la série continue de sections, qui commençait à la base de l'encoche 11 se termine dans cette même encoche, mais au sommet, ce qui a rempli les en-

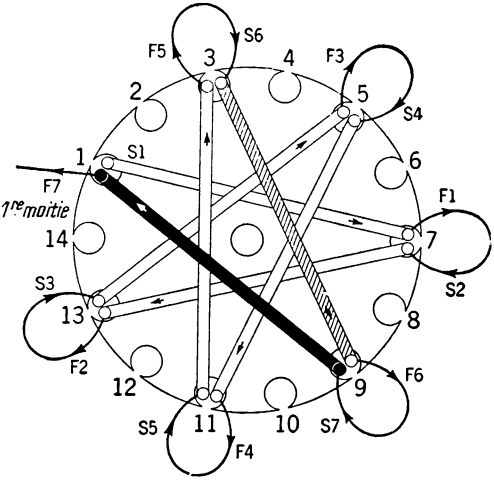


FIG. 151. — La septième section, bobinée de sommet à sommet, termine la première moitié, remplissant les encoches 1, 3, 5, 7, 9, 11 et 13, soit toutes les encoches à numéro impair. La première moitié se termine dans l'encoche 1, où elle débutait. Les encoches citées comportent toutes un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie.

coches 1-3-5-7-9-11-13. Remarquez que la section 7 forme deux V, l'un avec la section 6, de l'encoche 9 aux encoches 1 à 6, et un autre avec la section 1 de l'encoche 1 aux encoches 7 et 9. La première moitié de sept sections remplit toutes les encoches à nombre impair, en laissant vide les encoches à nombre pair.

Ce stade du bobinage en V est caractéristique d'un nombre pair d'encoches avec un pas de section pair, c'est-à-dire dans ce cas, 14 encoches, avec un pas de 1 à 7, soit 6.

Les tables 40, 42, 44, 46, 48 et 50, pour respectivement 10, 14, 18, 22, 26 et 30 encoches montrent que chacun de ces enroulements comporte deux moitiés, avec respectivement 5, 7, 9, 11, 13, 15 sections dans chaque, la première moitié se terminant dans l'en-

coche 1, où elle a commencé. On remplit ainsi toutes les encoches de nombre impair. Dans chaque cas, la première section de chaque moitié est bobinée de base à base, et la dernière section de chaque moitié est bobinée de sommet à sommet, toutes les sections intermédiaires étant bobinées de sommet à base. Chaque moitié, en partant du début ou de la fin de la première section est continue et, une fois qu'on a rempli une encoche, il est possible de la caler avant de poursuivre le bobinage. La figure 152

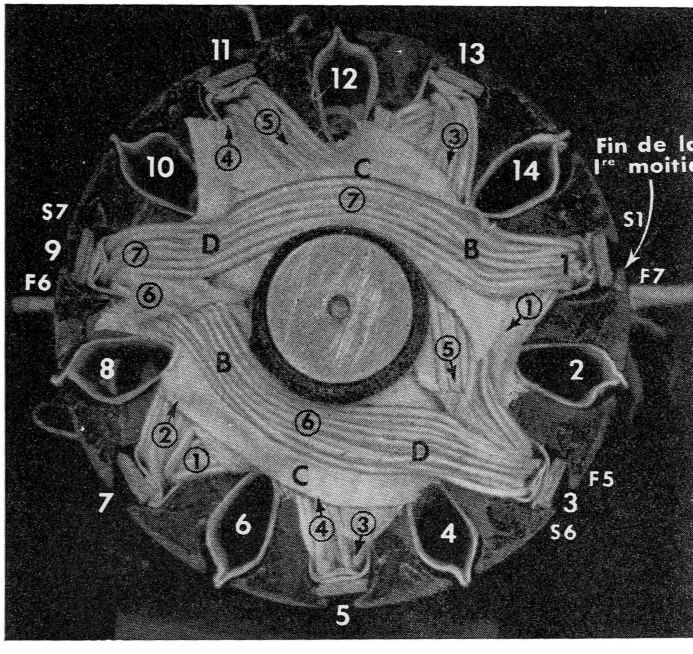


FIG. 152. — La septième section est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 9 à 1, et elle termine la première moitié. Sept encoches, pleines, peuvent être calées, et il reste sept encoches vides. Notez la répartition des encoches vides et des encoches pleines (une vide, une pleine, etc.) .La section 6 a été bobinée de sommet à base dans les encoches 3 à 9. La section 7 se termine au sommet de l'encoche 1, et l'on voit que la première moitié débute et s'achève dans l'encoche 1.

montre la septième ou dernière section de la première moitié, bobinée de sommet à sommet, qui permet de caler les encoches 9 et 1. Le ruban isolant recouvre les sections 2-3-4-5-6. Notez la forme des têtes de bobine de la section 7 en B-C-D, ainsi que la façon dont chaque section forme un V avec toute section la précédant. La figure 152 montre également les sept encoches remplies et les sept encoches vides, le bobinage mis en place laissant totalement libre les encoches non encore remplies. Les conduc-

teurs de chacune des sections mises en place sont dégagés de la section en cours de bobinage, pour éviter que ces conducteurs ne se trouvent pris sous les spires en cours de bobinage. On rebobine le plus souvent avec le collecteur sur l'arbre, à moins qu'il ne faille en mettre un neuf, ou que l'ancien ne nécessite quelques réparations, ce qui permet alors de rebobiner sans que l'arbre ne porte de collecteur. Un examen sérieux des tables 39 à 42, ainsi que les figures 143 à 152, conjointement à une comparaison entre les schémas de bobinage et les photographies permet de bien voir tous les détails de ce mode de rebobinage.

Début de la seconde moitié. — A ce stade du bobinage, nous arrivons à une règle importante du bobinage en V bobiné par moitiés séparées. On se rappellera que sept encoches se trouvaient encore vides à la fin de la première moitié, figures 151 et 152. La question qui se pose maintenant est : dans quelle encoche faudra-t-il commencer la première section de la seconde moitié pour remplir les sept encoches restées libres ?

On peut commencer cette seconde moitié de deux façons. Les deux permettent de terminer le bobinage, mais une seule permet un bobinage en V continu équilibré. Nous décrirons en premier lieu comment il ne faut pas commencer la seconde moitié du bobinage, puis la méthode utilisée.

La figure 154 A montre comment ne pas commencer la seconde moitié; si on la fait tourner pour amener l'encoche 12 à la partie inférieure, on voit la section 8 bobinée de base à base dans les encoches 2 à 8. Notez une particularité importante de ce mode opératoire : les sections 7 et 8 sont parallèles l'une à l'autre, de part et d'autre de l'arbre. Le début de la section 8 fait suite à la fin de la section 7, avec un décalage d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre, mais la section 8 recouvre la section 1 comme dans le cas d'un bobinage en boucles droites. Si l'on poursuit le bobinage, la section 9 est bobinée de sommet à base de l'encoche 8 à l'encoche 14. L'enroulement complet est représenté sur la figure 154 B sur laquelle on voit que la section 14 est parallèle à la section 6. Dans ce cas, c'est-à-dire en commençant la seconde moitié par la section 8 bobinée de l'encoche 2 à l'encoche 8, il n'y a que la section 7, qui termine la première moitié, qui soit parallèle à la section 8 qui commence la seconde. Comparez la figure 154 A à la figure 155 et la figure 154 B à la figure 161, et vous verrez que dans l'enroulement équilibré, les sections de début et de fin de chaque moitié sont parallèles.

Groupe 5. Début de la seconde moitié. — Il est une règle simple, qui, une fois bien assimilée, permettra de bien commencer la seconde moitié d'un enroulement en V divisé de façon à obtenir l'enroulement équilibré. Cette règle est la suivante : « La première section de la seconde moitié devrait être parallèle à la première section de la première moitié et de l'autre côté de l'arbre ». La figure 155 montre[1] la section 8 bobinée de base à base de l'encoche 8 à l'encoche 14. Remarquez que la section 8 commence à la suite de la section 1; en d'autres termes, on voit sur les figures 153 et 154 la ligne pointillée A qui indique que le

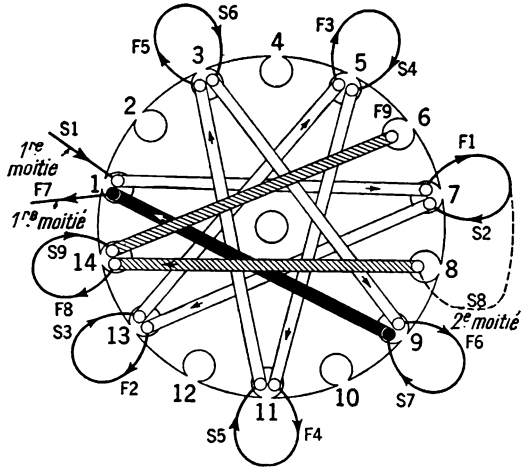


FIG. 153. — La seconde moitié commence avec la section 8 bobinée de base à base dans les encoches 8 à 14. Notez que la section 8 est bobinée dans la même direction que la section 7, une encoche au-dessous du début de la section 7. La section 9 est bobinée de sommet à base de l'encoche 14 à l'encoche 6, commençant ainsi la seconde série de sept sections continues. Voir table 42 et figures 155 et 156. Notez que les sections 8 et 1 sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre, et que F1 et S8 sont dans deux encoches adjacentes.

début de la section 8 est adjacent (et décalé d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre) à la fin de la section 7. C'est pour cette raison que nous avons signalé que le conducteur de sortie de la section 1 devrait être marqué, figure 144, de telle sorte qu'avec l'induit en position de bobinage (fig. 143 A) pour commencer la section 8, le conducteur de sortie repéré de la section 1 se trouvera à gauche de l'induit.

La figure 153 montre la section 9 bobinée de sommet à base

(1) Voir les règles D et F, page 216.

de l'encoche 6, les sections 8 et 9 formant le premier V de la seconde moitié dans les encoches 14 à 6 et 6 à 8. Remarquez sur cette figure qu'après le début de la seconde moitié, chaque section mise en place se trouve parallèle à une section de la première moitié qui se trouve de l'autre côté de l'arbre. Par exemple, les sections 8 et 1 et les sections 9 et 2 sont parallèles, le pas est toujours 7, et les sections parallèles sont toujours une section à numéro pair et une section à numéro impair. Le pas entre deux sections parallèles sera toujours supérieur d'une unité au pas exprimé en encoches. Dans ce cas, le pas d'une section est de

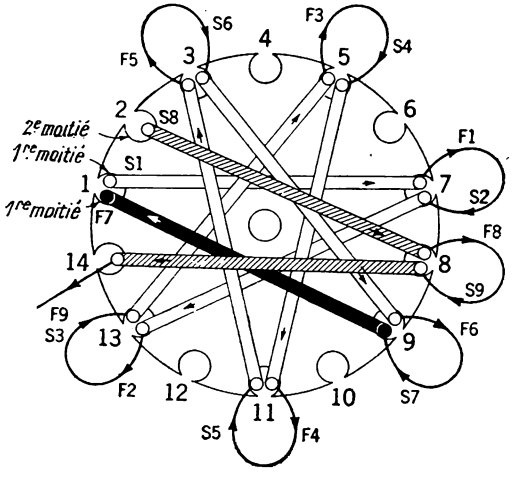


FIG. 154 A. — Erreur au début de la seconde moitié : la section 8 a été bobinée de base à base dans les encoches 2 à 8. La section 9 est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 14. Notez que pour commencer la section 8 et la seconde moitié, on avance d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre à partir de la fin de la première moitié. Notez que la section 8 est également parallèle à la section 7. Les sections de début et de fin de chaque moitié doivent être respectivement parallèles.

1 à 7, soit 6 encoches; il en résulte que le pas de sections parallèles est 6 + 1, soit 7.

Sur les figures 154 A et B, on peut voir que ce pas constant entre sections parallèles n'existe pas. Sur la figure 154 A, les sections 1 et 9 sont parallèles, avec un pas de 8, les sections 7 et 8 sont également parallèles avec un pas de 1. Si l'on examine la figure 154 B, on trouve que les paires de sections parallèles sont 1 et 9, 2 et 10, 3 et 11, 4 et 12, 5 et 13, 6 et 18, 7 et 8. Il en résulte que six paires ont un pas de 8 et une un pas de 1, alors que l'on voit sur la figure 160 que les paires parallèles sont 1 et 8, 2 et 9, 3 et 10, 4 et 11, 5 et 12, 6 et 13, 7 et 14. Les paires paral-

lèles sont toujours affectées d'un numéro pair et impair, tandis que dans l'enroulement non équilibré, les paires comportent deux groupes composés de sections de numéros impairs, deux groupes avec sections de numéros pairs et un groupe comportant une section de numéro pair avec une section à numéro impair. Une comparaison entre les figures 154 A et B et les figures 153 et 160 fait ressortir les principales différences entre les deux méthodes suivant lesquelles

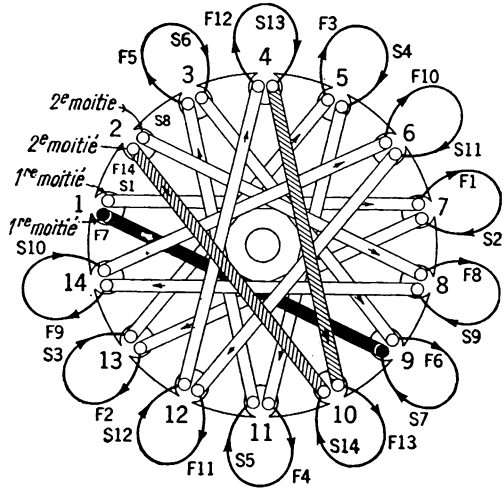


FIG. 154 B. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 10 à 2 ; elle termine en même temps le bobinage et la seconde moitié. Les sections 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 remplissent les encoches à numéros pairs, 2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14. Notez que les deux moitiés débutent et se terminent dans des encoches adjacentes, 1 et 2. Les sections qui terminent chaque moitié sont bobinées de sommet à sommet (sections 7 et 14). Comparez avec la figure 161.

il est possible de commencer la seconde moitié de ce bobinage; ces deux séries de figures montrent les résultats obtenus dans les deux cas.

La figure 155 montre la section 8, début de la seconde moitié, côté opposé au collecteur, bobinée de base à base dans les encoches 8 à 14. La section 1, qui passe sous l'arbre, des encoches 1 à 7 est visible, parallèle à la section 8, ainsi que le chevauchement de la section 7 par la section 8. Remarquez comment la section passe près de l'arbre pour laisser libre les encoches 9-10-11-12-13 en B-C-D. Notez comment les sections des encoches 1-3-5 sont formées pour laisser le passage à la section 9, qui ira des encoches 14 à 16. Ce passage provient de la forme donnée précédemment aux sections, qui dégagent bien les encoches et on

peut se rendre compte combien une bonne mise en forme des premières sections facilite la suite du bobinage. Le ruban isolant A protège la section 8 des sections 2-3-4-5-6-7.

La figure 156 montre la section 9 bobinée de sommet à base de l'encoche 14 à l'encoche 6. Cette section est la seconde section de la seconde moitié, dont elle forme le premier V avec la sec-

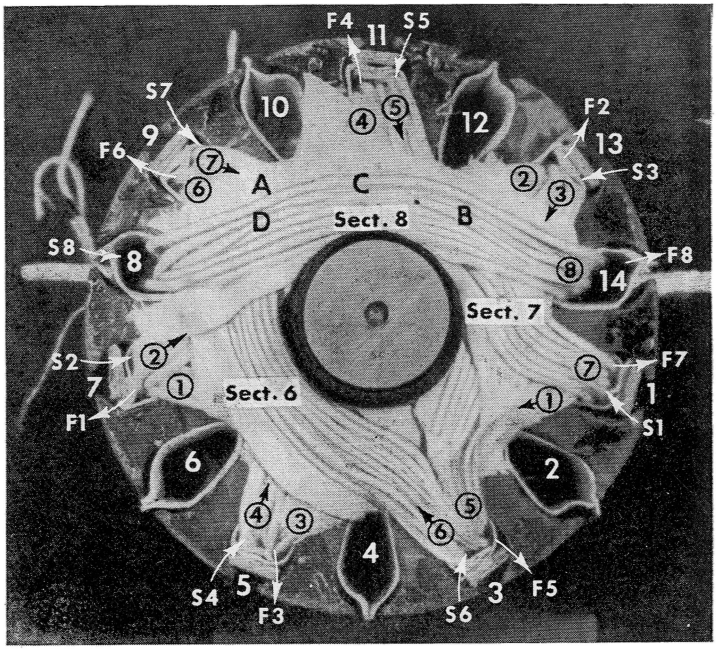


FIG. 155. — Début de la seconde moitié avec la section 8 bobinée de base à base dans les encoches 8 à 14. Sept encoches sont remplies et calées. Voir figures 153 et 156. Notez que la section 1, dans les encoches 1 à 7, est parallèle et de l'autre côté de l'arbre à la section 8. Cette remarque est la règle type de début de la seconde moitié.

tion 8, dans les encoches 14 à 6 et 6 à 8; la suite continue des sections commence dans l'encoche 14 entre les sections 8 et 9. Le ruban isolant A protège la section 9 des sections 3-4-5-6-7. Remarquez comment la mise en forme des sections précédentes, mentionnée sur la figure 155, a permis la mise en place de section 9 qui est elle-même de ce fait au-dessous des encoches 2 et 4 en B et D. L'encoche 14 est remplie par la section 9 et peut être calée. Ce calage des encoches au fur et à mesure maintient les têtes de section en place, mais on peut également achever le bobinage puis caler toutes les encoches si les sections sont assez serrées et convenablement formées.

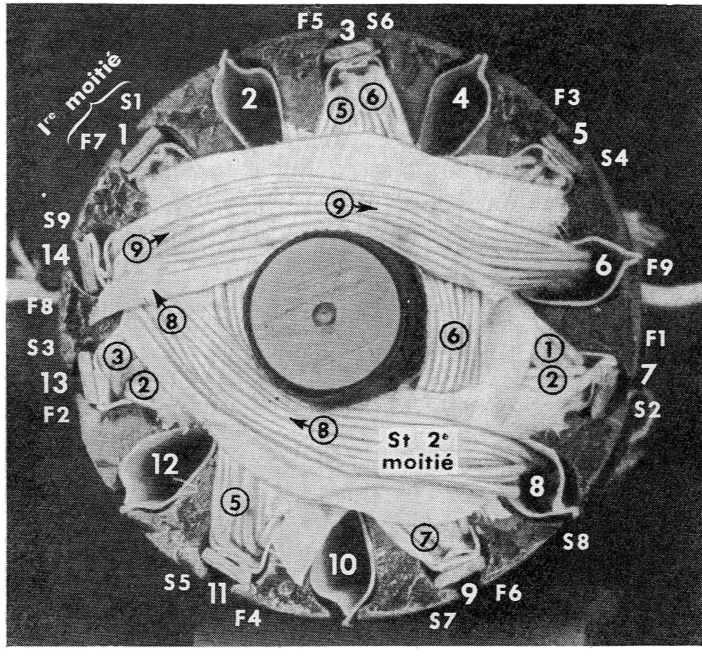


FIG. 156. — Les sections 8 et 9 forment le premier V de la seconde moitié. La section 9 est bobinée de sommet à base dans les encoches 14 à 6. Ainsi, après la section 8, les encoches se remplissent et peuvent être calées. Voir figures 153 et 155.

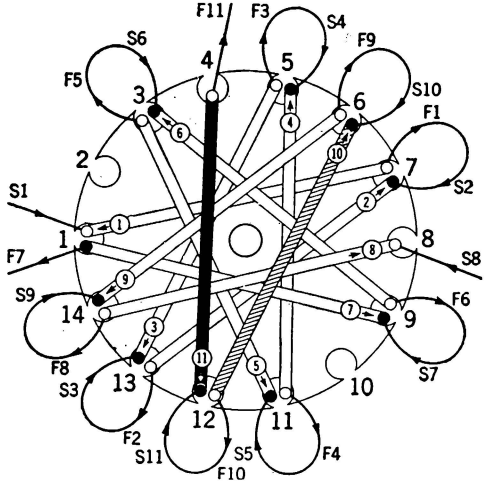


FIG. 157. — Les sections 10 et 11 sont bobinées de sommet à base, dans les encoches 6 à 12 et 12 à 4. Les encoches 14, 6 et 12 de la seconde moitié, remplies, peuvent être calées. Voir table 42 et figures 157 et 158.

Groupe 6. Sections 10 et 11. — Le schéma de bobinage, figure 157, montre comment les sections 10 et 11 sont bobinées. En tournant cette figure de telle sorte que l'encoche 2 se trouve à la partie inférieure, on voit que la section 10 se trouve bobinée de sommet à base de l'encoche 6 à l'encoche 12, ce qui forme un V avec la section 9 et un groupe de sections parallèles avec la section 3 de la première moitié.

Groupe 7. Sections 12 et 13. — Le groupe 7, composé des sections 12 et 13, est mis en place conformément au schéma de la figure 158 et à la photographie de la figure 159. Faites une rota-

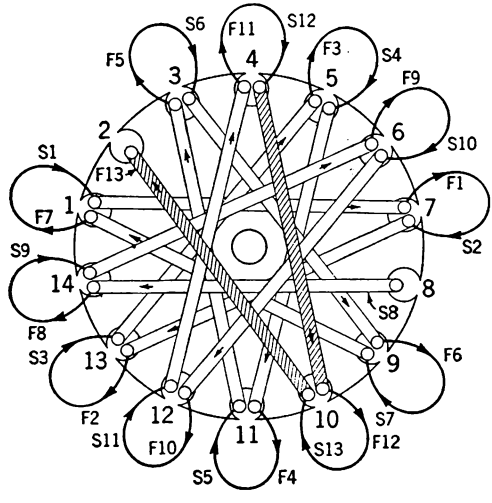


FIG. 158. — Les sections 12 et 13 sont bobinées de sommet à base dans les encoches 4 à 10 et 10 à 2. Il reste alors une section pour achever la seconde moitié et le bobinage ; à ce stade, il ne reste plus que deux encoches, 2 et 8, à demi-remplies, toutes les autres étant remplies et calées. Voir table 42 et figure 159.

tion de la figure 158, en amenant les encoches 13 et 14 à la partie inférieure; on trouve que la section 12 est bobinée de sommet à base d'encoche, de 4 à 10, et qu'elle est parallèle à la section 5 de la première moitié. La figure 159, tournée de telle sorte que les encoches 13 et 14 se trouvent à la partie inférieure, montre la section 11 en place du côté opposé au collecteur. Notez le ruban isolant A en place et la forme des sections aux encoches 3-4-5-6-8, ce qui prépare la mise en place de la section 14.

En faisant tourner la figure 158 pour amener les encoches 5 et 6 à la partie inférieure, nous trouvons que la section 13, qui est l'avant-dernière section, est bobinée de sommet à base de

l'encoche 10 à l'encoche 2, formant un V des encoches 10 à 2 et 2 à 4. Comme le montrent les sections hachurées, n^{os} 12 et 13, la section 13 est parallèle à la section 6 de la première moitié. Une rotation de la figure 156 amenant les encoches 5 et 6 à la partie inférieure montre la section 13 en place. Comme cette section est l'avant-dernière, elle formera une des branches du V visible une fois le bobinage terminé. Pour empêcher les fils de cette section de se séparer, un ruban isolant est disposé sous la section pen-

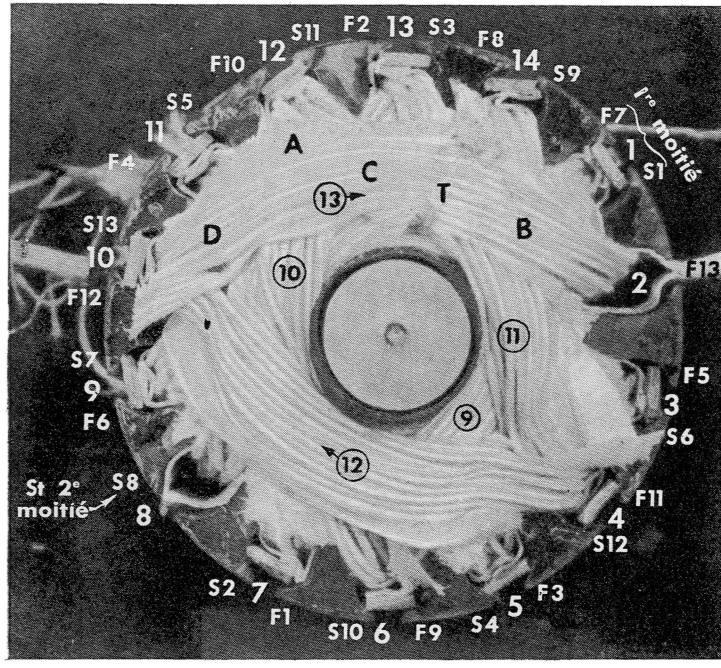


FIG. 159. — La section 12 est bobinée de sommet à base dans les encoches 4 à 12. Ensuite, la section 13 est bobinée de sommet à base dans les encoches 10 à 2. Cette section est l'avant-dernière et les conducteurs doivent être attachés en T. Notez que, seules les encoches 2 et 8 sont à demi-remplies, tandis que toutes les autres sont remplies et calées.

dant son bobinage, puis on l'attache, comme on peut le voir en T, figure 159.

Sur la figure 159, notez les deux demi-encoches, n^{os} 2 et 8, et les fils disposés sur le côté de l'encoche 2 et aplatis à la base de l'encoche 8. Les figures 158 et 159 devraient être comparées pour localiser les sections représentées sur le schéma de bobinage, et réellement bobinées sur l'induit, figure 159.

Groupe 8. Dernière section. — La fin de la dernière moitié d'un bobinage en V à moitiés séparées, dans le cas de cet induit à 14 encoches, est représentée sur les figures 160 et 161. Le schéma de bobinage, figure 160, montre la section 14, hachurée, bobinée de sommet à sommet, commençant au sommet de l'encoche 2 et finissant au sommet de l'encoche 8. Il en résulte que la seconde moitié commençait dans l'encoche 8 et se termine dans la même.

Les deux dernières sections, nos 13 et 14, forment le V visible du côté opposé au collecteur, de l'encoche 2 aux encoches 8 et 10, comme le montrent les sections blanches et hachurées de la figure 160.

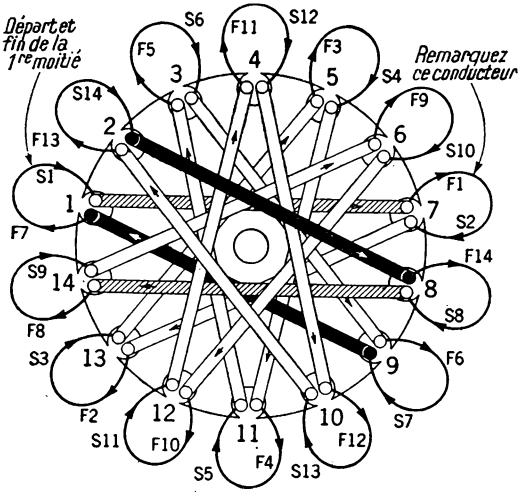


FIG. 160. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 à 8, terminant la seconde moitié et le bobinage, ainsi que le remplissage des encoches de numéro pair. Notez que les sections 7 et 14, qui terminent chacune une moitié, sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre. Identiquement, les sections 1 à 8 sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre. Voir table 42 et figures 154 et 161.

Règles générales applicables à ce bobinage. — La figure 160 révèle quelques données intéressantes et valables pour le bobinage en V vrai, en moitiés séparées, et qui sont les suivantes :

A. Les sections de départ, nos 1 et 8, de chaque moitié, sont parallèles l'une à l'autre, de part et d'autre de l'arbre.

B. Les dernières sections de chaque moitié, nos 7 et 14, sont également parallèles l'une à l'autre, de part et d'autre de l'arbre.

C. Les sections de début et de fin de chaque moitié forment un V (sections 1 et 7, 8 et 14), les sommets des deux V étant diamétralement opposés.

D. La seconde moitié devrait commencer et se terminer dans une encoche diamétralement opposée à l'encoche dans laquelle commence la première, ou, autrement dit, dans une encoche dont le numéro est égal à la moitié des encoches plus 1; on voit sur la figure 160 que le début et la fin de la seconde moitié se trouve dans l'encoche $1 + 7 = 8$.

E. Le début de la seconde moitié doit se trouver dans une encoche située à égale distance entre l'encoche qui contient la fin de la section 1 et le début de la section qui termine la deuxième moitié; ces encoches portent les n^{os} 7 et 9 sur la figure 160.

F. La seconde moitié devrait commencer à la base d'une encoche ayant le même numéro que la section par laquelle débute la seconde moitié; autrement dit, la section 8 devrait commencer à la base de l'encoche 8.

G. Le repérage du fil de sortie de la section 1 et du conducteur qui achève la dernière section de la première moitié permettra de déterminer l'emplacement de l'encoche de début de la seconde moitié à mi-chemin entre ces deux conducteurs.

H. Une section de numéro impair dans la première moitié sera parallèle à une section de numéro pair de la seconde moitié, comme 1 et 8, etc.

I. Une section de numéro pair de la première moitié sera parallèle à une section de numéro impair de la seconde moitié, comme 2 et 9, etc.

J. Les têtes de section devraient être isolées les unes des autres, aussi bien du côté collecteur que du côté opposé, comme on le voit sur la figure 161, etc. Notez sur la figure 160 que les sections 1 et 14 seront reliées à des lames voisines du collecteur, tandis que les sections 10 et 8 seront reliées à des côtés opposés de l'induit; mais les sections 1 et 10, 2 et 14 se croisent respectivement. Il en résulte qu'il y a de nombreux points entre lesquels il existe une différence de potentiel, qui, s'ils ne sont pas correctement isolés, produiront des court-circuits entre les sections qui se croisent. La figure 161 montre l'importance de cette remarque et une étude des figures 160 et 161 montrera la nécessité de cet isolement.

K. Dans les encoches qui renferment les conducteurs de sortie des sections qui achèvent chaque moitié d'enroulement, ces conducteurs de sortie se présenteront au sommet des encoches.

L. Dans toutes les autres encoches, les conducteurs d'entrée et de sortie sortent ensemble du centre de l'encoche. Autrement

dit, pour des tensions supérieures à 110 volts, il faut utiliser des entremises dans les encoches, entre les demi-sections.

La figure 161 montre le bobinage terminé, avec la section 14 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 et 8. Un ruban est disposé en T sous les sections 13 et 14 pour maintenir tous les conducteurs ensemble. Les deux dernières sections 13 et 14 forment le V visible qui a donné son nom à ce type de bobinage.

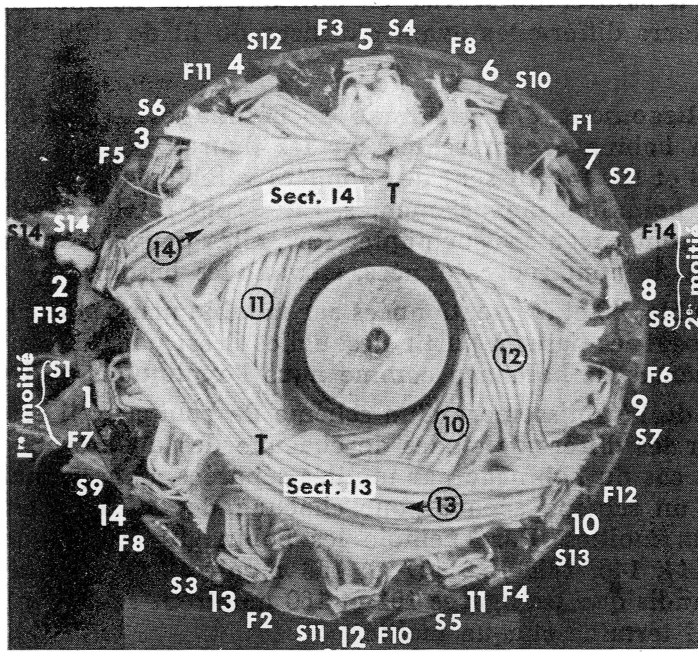


FIG. 161. — La section 14, bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 à 8, achève la seconde moitié en même temps que le bobinage. Les sections 13 et 14 forment le dernier V, visible une fois le bobinage terminé, dans les encoches 2 à 8, et 8 à 10. Notez la ligature en T, visible sur les sections 13 et 14. Marquage comme sur la figure 160.

Identiquement, on peut voir la section 12 passant dans l'encoche 10, à partir de laquelle la section 13 se dirige vers l'encoche 2, d'où part la section 14 qui va vers l'encoche 8; on voit ainsi trois sections qui montrent pourquoi cet enroulement est continu. Il n'est pas possible de voir le bobinage en deux moitiés sur l'induit terminé, sauf en se reportant aux conducteurs de mise au collecteur qui montrent deux conducteurs de sortie disposés sur deux encoches diamétralement opposées, et au sommet de chacune d'elle, ici, dans les encoches 1 et 8, figure 161.

Avant de débobiner n'importe quel induit, examinez les deux chignons pour bien identifier le type de bobinage, le mode d'isolement, et comment se font les sorties de conducteurs des encoches.

Un examen soigneux des tables, des schémas de bobinage, et des différents stades du bobinage, représentés sur les photographies, permettront à chacun d'acquérir une bonne technique de bobinage. Il est bon de commencer par un bobinage d'induit non destiné à assurer un service en utilisant deux bobines de ficelle de couleurs différentes avant d'utiliser du fil de cuivre de bobinage.

Établissement des schémas de bobinage. — Les huit schémas de bobinage représentés sur les figures 144, 146, 149, 153, 157, 158 et 160 fournissent des données valables, utilisables même par les bobiniers inexpérimentés. Elles sont faciles à établir, et, si elles sont exécutées sur papier fort, elles peuvent être utilisées pendant de nombreuses années, suivant les besoins.

Les tables 40 et 50 mentionnées sur la table principale (table 39), fournissent les bases à partir desquelles il est possible de réaliser des schémas de bobinage comme nous l'expliquons ci-dessous.

Lors de l'établissement d'un schéma de bobinage, il est bon de montrer les différents stades de chacune des deux sections, sauf dans le cas du bobinage par moitiés séparées, dans lequel il faut établir un schéma séparé pour chacune des sections terminant les deux moitiés. Par exemple les bobinages traités sur les figures 144, 146, 149, 153, 157 et 158 montrent chacun deux sections tandis que les figures 151 et 160 montrent seulement la section qui termine chaque moitié.

Il faut en premier lieu faire un cercle d'environ 110 à 125 mm de diamètre sur du papier transparent. Tracez alors tangents à ce cercle, extérieurement, un certain nombre de cercles d'environ 6 millimètres de diamètre, dont le nombre doit être égal à celui des encoches. Numérotez alors ces petits cercles en partant du côté gauche, vers le centre, dans le sens des aiguilles d'une montre, comme sur la figure 144. Tracez alors un cercle de petites dimensions représentant les sections dans chaque cercle d'encoche. Marquez ces petits cercles par S1 dans l'encoche de départ et par F2 dans l'encoche où se termine la section 1, en tenant compte du pas donné par la table voulue. Ajoutez alors un autre petit cercle hachuré dans le cercle d'encoche, en décalant d'un nombre d'encoches correspondant au pas, dans le sens des aiguilles d'une montre, ainsi qu'un cercle de section non hachuré. Mar-

quez tous ces cercles dans le sens des aiguilles d'une montre au moyen d'une ligne qui représente un conducteur; quand le bobinage est continu, formez une boucle entre le cercle non hachuré et le cercle hachuré dans chaque encoche.

Le mode opératoire ci-dessus peut être illustré en prenant comme exemple celui d'un induit à 10 encoches, table 40, représenté sur la figure 162. Quand les 10 encoches sont numérotées, disposez les cercles de section dans les encoches 1-5-9, comme l'indique la table 40; les conducteurs des encoches 1 et 9 sont marqués S1 et F2, la flèche pointant vers le cercle quand il s'agit d'un conducteur d'entrée ou de début de section, et pointant vers

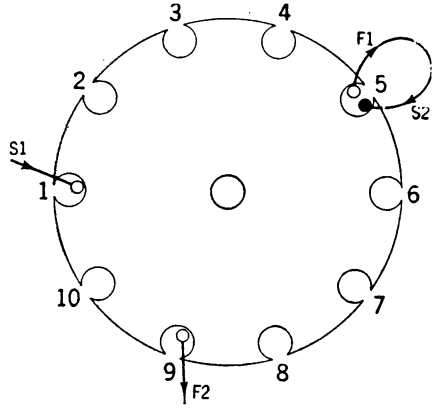


FIG. 162. — Début d'un schéma de bobinage pour 10 encoches, table 40, bobinage continu en V, à moitiés séparées.

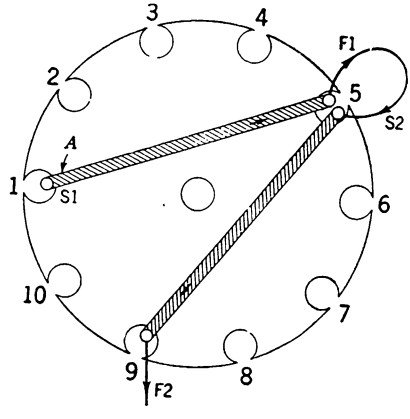


FIG. 163. — Mise en place des deux premières sections du bobinage en V sur un induit à 10 encoches.

l'extérieur lorsqu'il s'agit d'un conducteur de sortie ou de fin de section. Dans l'encoche 5, un cercle non hachuré et un cercle hachuré sont réunis par une boucle, marquée d'un côté F1 et de l'autre S2.

Le stade suivant consiste à tracer les lignes qui forment les sections 1 et 2, comme on peut le voir sur la figure 163. Tracez en premier lieu la dernière section, pour des raisons que nous donnerons par la suite. Les figures 162 et 163 montrent comment est réalisé le premier schéma de bobinage. Pour dessiner les sections 3 et 4, du second schéma de bobinage, nous tracerons d'autres cercles dans les encoches 9-3-7, comme l'indiquent la table 40 et la figure 164. Si l'on utilise du papier mince, il suffit de poser une feuille sur le schéma qui vient d'être achevé, ce qui facilite l'exécution du second, en faisant gagner du temps.

La figure 164 montre comment le second schéma de bobinage est commencé. Notez comment on a ajouté les cercles de sections et les marques de repérage des conducteurs. Dans tous les cas, on utilise un cercle non hachuré pour toute demi-section passant au fond de l'encoche et un cercle hachuré pour toute section bobinée au sommet d'une encoche. Les petits numéros de section, avec une flèche jointe montrent dans quel sens les sections sont bobinées du côté opposé au collecteur, sont alors ajoutés, comme on peut le voir en A et B, figure 163.

La figure 164 montre les quatre sections 1-2-3-4 en position. La section 4 a été tracée en premier lieu, puis la section 3. Alors,

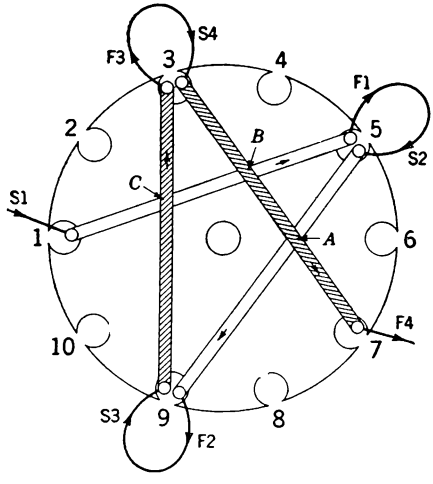


FIG. 164. — Mise en place des sections 3 et 4. La section 4 fait suite aux trois autres.

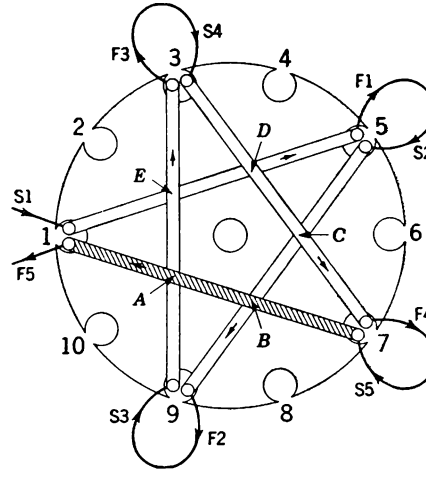


FIG. 165. — La section 5 termine la première moitié, et c'est par elle qu'il faut commencer le dessin, puis on trace la section 4, puis 3, etc. On voit comment les sections se croisent en A, B, C, D et E.

en ajoutant les lignes de la section 2, ces lignes ont été interrompues en A, pour montrer comment la section 2 passe sous la section 4; identiquement, les lignes de la section 1 ont été arrêtées et reprises en *b* et *c*, ce qui montre que les sections 3 et 4 passent sur la section 1. On voit qu'en commençant à tracer les lignes des dernières sections mises en place, puis celles des sections primitivement bobinées, il est possible de montrer comment les sections passent les unes au-dessus des autres.

Les figures 163 et 164 sont les deux premiers schémas de bobinage pour un induit à 10 encoches décrit table 40 et montrant les sections 1 et 2 et 3 et 4 en place sur l'induit.

La figure 165 montre le schéma de bobinage complété pour montrer la section 5 en position, comme indiqué table 40, de sommet à sommet, et de l'encoche 7 à l'encoche 1. La figure 165 indique les lignes à ajouter, en partant de la section 5, puis en traçant la section 4, etc. De cette manière, en interrompant les lignes des sections en A-B-C-D-E on sait dans quel ordre les sections doivent être mises en place.

La première moitié se termine en bobinant la section 5 de sommet à sommet dans les encoches 7 à 1. On voit qu'il faut trois schémas pour représenter la première moitié du bobinage. Le schéma suivant montrera les sections 6 et 7 à leur position. A partir des règles de bobinage et de la table 40, nous voyons que la section 6, par laquelle débute la seconde moitié, doit commencer dans l'encoche 6 et qu'elle est bobinée de base à base vers l'encoche 10.

Les figures 153 et 165, conjointement aux tables 40, 42, 44, 46, 48 et 50, montrent que toujours la seconde moitié commence au fond d'une encoche dont le numéro est le même que celui de la section qui commence la seconde moitié. Sur la figure 153, la section 8 commence dans l'encoche 8, et sur la figure 165, la section 6 commence dans l'encoche 6, et ainsi de suite, quel que soit le nombre d'encoches.

Bobinage en V continu de sommet à base. — Les données contenues dans le début de ce chapitre traitaient d'un bobinage en V en boucle, bobiné par moitiés, qui n'est réalisable que lorsque l'induit comporte un nombre pair d'encoches, le pas de bobinage étant pair, c'est-à-dire de l'encoche 1 à une encoche de nombre impair, comme l'indique la table 40. Dans ces quelques cas, le bobinage comporte deux parties séparées, appelées moitiés, chacune d'elle étant bobinée de façon continue, de telle sorte que les principes fondamentaux du bobinage en boucle en V continu ont été donnés dans la discussion qui fait l'objet de la première partie de ce chapitre.

Le véritable bobinage continu en V à boucles peut être utilisé sur les induits dont le nombre d'encoches et le pas de section répondent aux conditions déjà données. Nous nous permettrons de renvoyer aux figures de cette première partie, car les deux bobinages sont proches parents. Le bobinage en V à boucles, continu et séparé en deux moitiés est utile dans un atelier de rebobinage, soit qu'il se réalise à la main, soit qu'il se réalise au tour, et il peut être utilisé pour 90 % des induits. C'est pour cette raison que nous avons donné une description aussi détaillée, qui couvre presque tous les nombres d'encoches.

On voit qu'en standardisant son matériel sur un type de fil à isolement épais, une qualité d'isolement d'encoche et un type de cale d'encoche, la majorité des rebobinages peut se conduire de la même façon. Le fil à isolement épais, par exemple un fil émaillé, peut être approvisionné en trois couleurs, naturel, vert et jaune. En disposant tous les conducteurs dans une seule gaine, il est possible d'éviter de les sonner avant de faire la mise au collecteur.

Combinaison des encoches et du pas des sections. — Pour réaliser un bobinage continu en V à boucles, le nombre d'encoches et le pas doivent répondre aux conditions suivantes :

1° Nombre pair d'encoches avec un pas de section impair, comme 16 encoches, pas de 1 à 8, soit 7, comme l'indique la table 39; le bobinage est alors donné sur les tables 41, 43, 45, 47 et 49.

2° Nombre impair d'encoches, avec un pas de section pair, comme 13 encoches, pas de 1 à 7, soit 6 (voir chapitre XV).

3° Nombre impair d'encoches, avec un pas de section impair, comme 15 encoches, pas de 1 à 8, soit 7 (voir chapitre XV).

En se reportant à toutes les tables, on voit que 23 combinaisons d'encoches nécessitent seulement 6 méthodes de bobinage par moitiés, et qu'elles sont limitées aux combinaisons ayant un nombre d'encoches pair et un pas de section pair. Les 17 autres combinaisons restant correspondent toutes à un bobinage continu que nous traiterons dans ce chapitre et dans le chapitre XV.

Remarquez, sur la table 39, les tables de bobinage (tables 41, 43, 45, 47 et 49), et les schémas de bobinage (figures 166 à 171) que le pas des sections P, exprimé en encoches, est égal à 2 + 2P, soit deux fois le pas (par exemple 2P) est de 2 encoches inférieur au nombre d'encoches. Autrement dit, les extrémités séparées des branches d'un V sont distantes de 3 encoches, figures 166 à 171. Cette remarque est vraie quand le nombre d'encoches est pair, que le pas soit pair ou impair.

Bobinage d'un induit à douze encoches. — Le premier bobinage en V continu à boucles sera celui d'un induit à nombre d'encoches pair avec un pas de section impair, soit 12 encoches, avec pas de 1 à 6, bobiné conformément à la table 41. L'enroulement est à pas à gauche et il est formé et isolé de la même façon que l'induit représenté dans la première partie de ce chapitre.

Le schéma de bobinage de la figure 166 montre les deux premières sections en place, la section 1 se trouvant bobinée de base à base dans les encoches 1 et 6. La section 2 est continue de l'en-

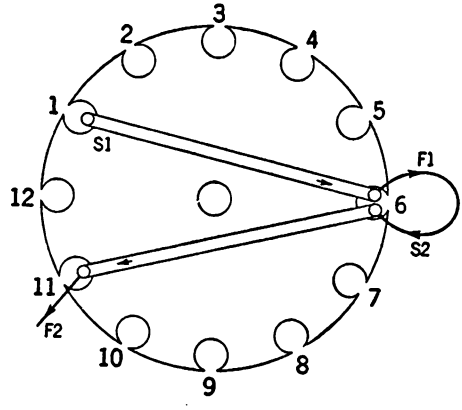


FIG. 166. — Début d'un bobinage en V avec pas de section impair de 5, soit 1 à 6. La section 1 est bobinée de base à base dans les encoches 1 à 6. La section 2 est bobinée de sommet à base, et elle remplit l'encoche 6. Voir table 47.

coche 6 à l'encoche 11, de sommet à base. Notez que le premier V commence dans l'encoche 1 et se termine dans l'encoche 11, soit 3 encoches plus loin.

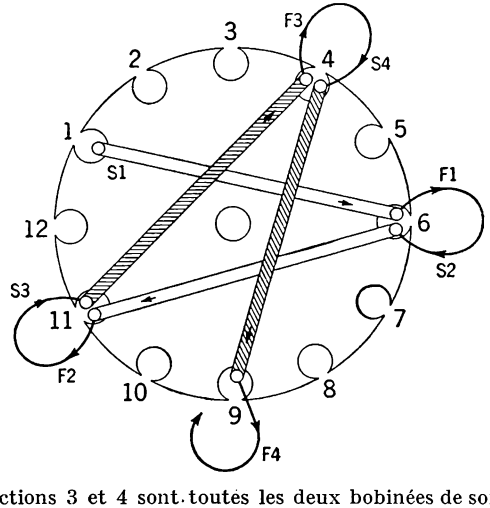


FIG. 167. — Les sections 3 et 4 sont toutes les deux bobinées de sommet à base dans les encoches 11 à 4 et 4 à 8, remplissant les encoches 4, 6 et 11. Voir table 47.

Le schéma de bobinage de la figure 167 montre les sections 3 et 4, qui partent du sommet de l'encoche 11, ces deux sections

étant bobinées de sommet à base, la section 3 dans les encoches 11 à 4 et la section 4 dans les encoches 4 à 9. Notez que dans ce cas, avec 4 sections bobinées dans 5 encoches, on a aussi bien utilisé des encoches de numéro pair qu'impair, 1-4-6-9-11. Chaque section relie une encoche de numéro pair à une encoche de numéro impair.

La figure 168 montre la fin de la première moitié composée de six sections, et on voit que les sections 5 et 6 sont toutes les deux bobinées de sommet à base, la section 5 partant du sommet de l'encoche 9 à la base de l'encoche 2, et la section 6 du sommet de l'encoche 2 à la base de l'encoche 7. Il en résulte qu'à la fin

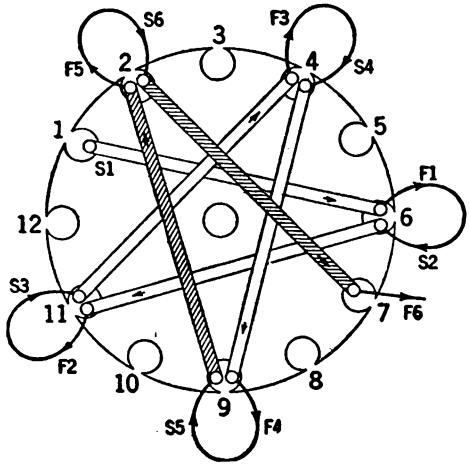


FIG. 168. — Six sections ont été bobinées ; on a atteint la moitié du bobinage sans que ce dernier se referme sur lui-même, car le pas était impair. Le bobinage en V est continu. Les sections 5 et 6 sont bobinées de sommet à base dans les encoches 9 à 2 et 2 à 7. Six sections remplissent 5 encoches, 2, 4, 6, 9 et 11. Les six premières sections occupent sept encoches.

de la première moitié, la dernière section remplit à moitié l'encoche 7; on peut donc continuer la seconde moitié en partant du sommet de l'encoche à demi remplie par la dernière section de la première moitié, soit, dans cet exemple, en partant de l'encoche 7. Remarquez, à la fin de la première moitié, figure 168, qu'en commençant à l'encoche 6, il est possible de caler une encoche de numéro pair, puis une de numéro impair. Ceci se répète quand le bobinage progresse; par exemple, sur la figure 168, les encoches 6-11-4-9-7 sont remplies dans cet ordre et peuvent être calées au fur et à mesure que les sections sont mises en place. Cette remarque met en valeur une des différences essentielles entre le bobinage en moitié séparées et le bobinage continu en V.

La figure 169 montre le début de la seconde moitié, avec les sections 7 et 8, bobinées de sommet à base. La section 7 débute au sommet de l'encoche 7 et s'achève à la base de l'encoche 12;

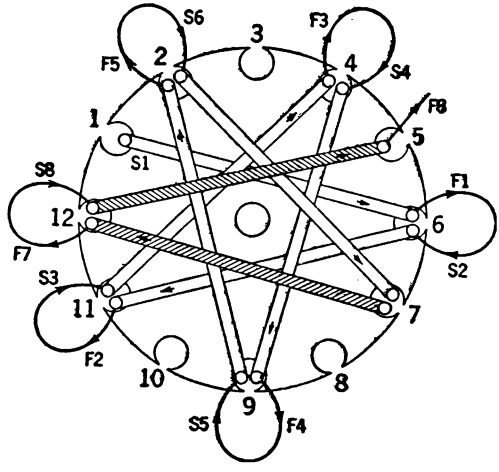


FIG. 169. — Les sections 7 et 8 sont bobinées de sommet à base dans les encoches 7 à 12 et 12 à 5. Notez que la section 7 est parallèle à la section 1 et que la section 8 est parallèle à la section 2. Les encoches 2, 4, 6, 7, 9, 11 et 12 ont été remplies et calées.

la section 8 débute au sommet de l'encoche 12 et s'achève à la base de l'encoche 5. Le bobinage reste continu après mise en place de huit sections.

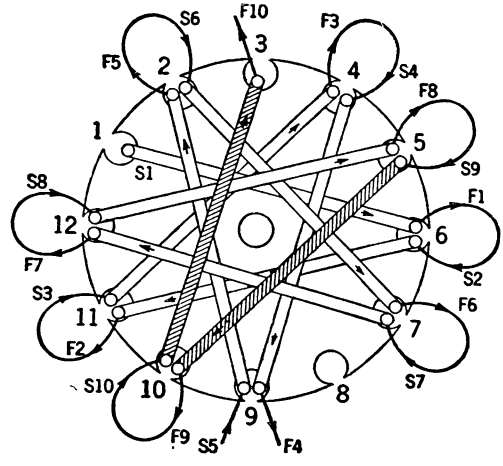


FIG. 170. — Les sections 9 et 10 ont été bobinées de sommet à base dans les encoches 5 à 10 et 10 à 3. La section 9 est parallèle à la section 3 et la section 10 parallèle à la section 4. Notez qu'il reste une encoche vide, n° 8, et que les encoches 1 et 3, à demi-remplies, sont prêtes à recevoir les deux dernières sections.

Remarquez sur la figure 169 qu'après avoir exécuté plus de la moitié du bobinage, chaque section mise en place est parallèle à une section de la première moitié. Dans l'exemple décrit, la section 7 est parallèle à la section 1 et la section 8 à la section 2, de part et d'autre de l'arbre.

Les sections 9 et 10 sont toutes les deux bobinées de sommet à base, comme le montre la figure 170, sur laquelle on voit que la section 9 débute au sommet de l'encoche 5 et s'achève à la base de l'encoche 10, tandis que la section 10 débute au sommet de l'encoche 10 et s'achève à la base de l'encoche 3; la section 9 est

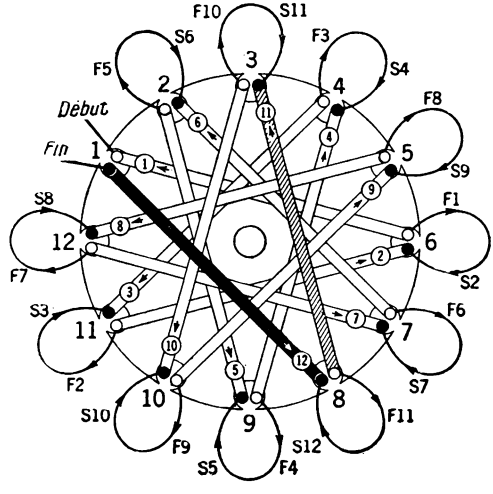


FIG. 171. — Les sections 11 et 12 sont bobinées de sommet à base dans les encoches 3 à 8. La dernière section, n° 12, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 8 à 1. Ainsi, le bobinage débute et se termine dans l'encoche 1 par les conducteurs S1 et F12. Les sections 1 et 12 forment également un V dans les encoches 6 et 8. Avec ce bobinage, la première section est bobinée de base à base, la dernière de sommet à sommet, et toutes les autres sont bobinées de sommet à base.

parallèle à la section 3 et la section 10 est parallèle à la section 4. A ce stade, il reste une encoche vide, n° 8, deux encoches à demi remplies, n^{os} 1 et 3, et deux sections à mettre en place pour former le V final, les sections 11 et 12.

La figure 171 représente la mise en place du dernier V, et l'on voit que la section 11 débute au sommet de l'encoche 3 pour s'achever à la base de l'encoche 8; la section 11 est la dernière qui se trouve bobinée de sommet à base. La dernière section, n° 12, débute au sommet de l'encoche 8 et s'achève au sommet de l'encoche 1; elle est bobinée de sommet à sommet. Les sections 11 et 12 forment le dernier V visible, et chaque section de-

vrait être attachée au milieu de sa tête pour empêcher les conducteurs de se séparer. La section 11 est parallèle à la section 5 et la section 12 parallèle à la section 6; ainsi, les sections de début de chaque moitié sont parallèles entre elles, dans ce cas les sections 1 et 7 sont parallèles, figure 171. De même, les dernières sections de chaque moitié sont parallèles, ici les sections 6 et 12.

Règles du bobinage continu, nombre d'encoches pair et pas impair. — On peut établir les règles suivantes en comparant les tables 39, 41, 43, 45, 47 et 49 et en s'aidant de la figure 171 :

1° Avec un nombre pair d'encoches et un pas de section impair, le bobinage est continu.

2° Les branches du V formé par deux sections sont distantes de trois encoches.

3° La section par laquelle débute la seconde moitié est parallèle et de l'autre côté de l'arbre à la section par laquelle débute la première moitié.

4° La dernière section de la seconde moitié est parallèle à la dernière section de la première moitié et de l'autre côté de l'arbre.

5° Après le début de la seconde moitié, chaque section est parallèle et de l'autre côté de l'arbre à une section dont le numéro est égal à celui de la dernière section bobinée moins le dernier numéro du pas. Par exemple, sur la figure 171, le pas est de 1 à 6; il en résulte que la section 7 est parallèle à la section $7 - 6 = 1$; la section 8 est parallèle à la section $8 - 6 = 2$, et ainsi de suite.

6° Suivant que la première section remplie est de numéro impair ou pair, les encoches se trouveront remplies suivant une suite de numéros impair et pair ou pair et impair. Sur la figure 171, l'encoche qui est remplie la première porte le numéro 6, et l'ordre de remplissage est pair puis impair, 6-11-4-9-2-7-12-5-10-3-8-1.

7° Le début de la première moitié se fait au fond d'une encoche. La section qui achève la seconde moitié se termine au sommet de l'encoche 1 (fig. 171).

8° La première et la dernière section forment un V dont la base se trouve dans l'encoche par laquelle le bobinage commence et se termine (voir les encoches 1-6-8, figure 171).

9° La seconde moitié débute au sommet de l'encoche dans laquelle se termine la première moitié (voir l'encoche 6, figure 171).

10° La première section est bobinée de base à base.

11° Toutes les autres sections, sauf la dernière, sont bobinées de sommet à base.

12° La dernière section est bobinée de sommet à sommet.

Une comparaison des figures 171 et 160 fera apparaître les différences entre le bobinage en V bobiné par moitiés et le bobinage en V à boucles continu.

TABLE 39

Bobinage en V, de sommet à base, nombre pair d'encoches.

Nombre d'encoches	Pas de sections			Moitiés séparées	Continu	Table N°
	pair	impair	encoches			
10 *	—	1	1 à 5	√	–	40
12 **	5	—	1 à 6	–	√	41
14 *	—	6	1 à 7	√	–	42
16 **	7	—	1 à 8	–	√	43
18 *	—	8	1 à 9	√	–	44
20 **	9	—	1 à 10	–	√	45
22 *	—	10	1 à 11	√	–	46
24 **	11	—	1 à 12	–	√	47
26 *	—	12	1 à 13	√	–	48
28 **	13	—	1 à 14	–	√	49
30 *	—	14	1 à 15	√	–	50

* Les induits à pas pair sont bobinés en moitiés séparées.

** Les induits à pas impair sont bobinés en continu.

TABLE 40

10 encoches, pas de 1 à 5, enroulement divisé en 2 moitiés.

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	(1)	5	Base	Base
	2	5	9	Sommet	»
1re	3	9	3	»	»
	4	3	7	»	»
	5*	7	(1)	»	Sommet
	6	(6)	10	Base	Base
	7	10	4	Sommet	»
2e	8	4	8	»	»
	9	8	2	»	»
	10*	2	(6)	»	Sommet

* Section terminant chaque moitié

(1) Encoches de début et de fin de chaque moitié.

TABLE 41

Enroulements à boucle en V, continus 12 encoches, pas 1 à 6, ou 5 encoches, pas à gauche

Éléments en V en cours de bobinage	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1er	1	(1)	6	Base	Base
1er	2	6	11	Sommet	»
2e	3	11	4	»	»
2e	4	4	9	»	»
3e	5	9	2	»	»
3e	6	2	7	»	»
4e	7	7	12	»	»
4e	8	12	5	»	»
5e	9	5	10	»	»
5e	10	10	3	»	»
6e	11	3	8	»	»
6e	12	8	(1)	Sommet	Sommet

(1) Encoche de début et de fin du bobinage.

TABLE 42

14 encoches, pas de 7, enroulement par moitiés

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	(1)	7	Base	Base
	2	7	13	Sommet	»
	3	13	5	»	»
1re	4	5	11	»	»
	5	11	3	»	»
	6	3	9	»	»
	7*	9	(1)	»	»
	8	(8)	14	Base	Base
	9	14	6	Sommet	»
	10	6	12	»	»
2e	11	12	4	»	»
	12	4	10	»	»
	13	10	2	»	»
	14*	2	(8)	»	Sommet

* Dernière section de chaque moitié.

(1) Encoche de début et de fin de chaque moitié.

TABLE 43

Enroulements à boucles en V, continu 16 encoches, pas de 1 à 8, soit 7 encoches pas à gauche

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	(1)	8	Base	Base
2	8	15	Sommet	»
3	15	6	»	»
4	6	13	»	»
5	13	4	»	»
6	4	11	»	»
7	11	2	»	»
8	2	9	»	»
9	9	16	»	»
10	16	7	»	»
11	7	14	»	»
12	14	5	»	»
13	5	12	»	»
14	12	3	»	»
15	3	10	»	»
16	10	(1)	«	Sommet

(1) Encoche de début et de fin d'enroulement.

TABLE 44

Enroulement à boucle en V, pas à gauche, divisé par moitiés, 18 encoches, pas 1 à 9, soit 8 encoches

Moitié	Section	Encoche n°		Bobinée	
n°	n°	de	à	de	à
	1	(1)	9	Base	Base
	2	9	17	Sommet	»
	3	17	7	»	»
	4	7	15	»	»
1re	5	15	5	»	»
	6	5	13	»	»
	7	13	3	»	»
	8	3	11	»	»
	9*	11	(1)	Sommet	Sommet
	10	(10)	18	Base	Base
	11	18	8	Sommet	»
	12	8	16	»	»
	13	16	6	»	»
2e	14	6	14	»	
	15	14	4	»	
	16	4	12	»	
	17	12	2	»	»
	18*	2	(10)	»	Sommet

* Sections terminant chaque moitié.

(1) Encoches de début et de fin de chaque moitié.

TABLE 45

20 encoches, pas de 1 à 10, continu

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	(1)	10	Base	Base
2	10	19	Sommet	»
3	19	8	»	»
4	8	17	»	»
5	17	6	»	»
6	6	15	»	»
7	15	4	»	»
8	4	13	»	»
9	13	2	»	»
10	2	11	»	»
11	11	20	»	»
12	20	9	»	»
13	9	18	»	»
14	18	7	»	»
15	7	16	»	»
16	16	5	»	»
17	5	14	»	»
18	14	3	»	»
19	3	12	»	»
20	12	(1)	Sommet	Sommet

(1) Encoches de début et de fin d'enroulement.

TABLE 46

22 encoches, pas de 1 à 11, enroulement par moitiés

Moitié	Section	Encoche n°		Bobinée	
n°	n°	de	à	de	à
	1	(1)	11	Base	Base
	2	11	21	Sommet	»
	3	21	9	»	»
	4	9	19	»	»
1re	5	19	7	»	»
	6	7	17	»	»
	7	17	5	»	»
	8	5	15	»	»
	9	15	3	»	»
	10	3	13	»	»
	11*	13	(1)	Sommet	Sommet
	12	(12)	22	Base	Base
	13	22	10	Sommet	»
	14	10	20	»	»
	15	20	8	»	»
	16	8	18	»	»
2e	17	18	6	»	»
	18	6	16	»	»
	19	16	4	»	»
	20	4	14	»	»
	21	14	2	»	»
	22*	2	(12)	Sommet	Sommet

* Fin de chaque moitié.

(1) Encoche de début et de fin de chaque moitié.

TABLE 47

24 encoches, pas de 1 à 12, continu

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	(1)	12	Base	Base
2	12	23	Sommet	»
3	23	10	»	»
4	10	21	»	»
5	21	8	»	»
6	8	19	»	»
7	19	6	»	»
8	6	17	»	»
9	17	4	»	»
10	4	15	»	»
11	15	2	»	»
12	2	13	»	»
13	13	24	»	»
14	24	11	»	»
15	11	22	»	»
16	22	9	»	»
17	9	20	»	»
18	20	7	»	»
19	7	18	»	»
20	18	5	»	»
21	5	16	»	»
22	16	3	»	»
23	3	14	»	»
24	14	(1)	Sommet	Sommet

(1) Début et fin de l'enroulement.

TABLE 48

26 encoches, pas de 1 à 13, enroulement par moitiés

Moitié n°	Section n°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
	1	(1)	13	Base	Base
	2	13	25	Sommet	»
	3	25	11	»	»
	4	11	23	»	»
	5	23	9	»	»
	6	9	21	»	»
1re	7	21	7	»	»
	8	7	19	»	»
	9	19	5	»	»
	10	5	17	»	»
	11	17	3	»	»
	12	3	15	»	»
	13*	15	(1)	»	Sommet
	14	(14)	26	Base	Base
	15	26	12	Sommet	»
	16	24	10	»	»
	17	12	24	»	»
	18	10	22	»	»
	19	22	8	»	»
2e	20	8	20	»	»
	21	20	6	»	»
	22	6	18	»	»
	23	18	4	»	»
	24	4	16	»	»
	25	16	2	»	»
	26*	2	(14)	»	Sommet

(1) Encoches de début et de fin de chaque moitié.

* Cet enroulement n'est pas applicable aux induits ayant un nombre impair d'encoches.

TABLE 49

Enroulement à boucle en V, continu
28 encoches, pas de 1 à 14, soit 13 encoches
pas à gauche

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	(1)	14	Base	Base
2	14	27	Sommet	»
3	27	12	»	»
4	12	25	»	»
5	25	10	»	»
6	10	23	»	»
7	23	8	»	»
8	8	21	»	»
9	21	6	»	»
10	6	19	»	»
11	19	4	»	»
12	4	17	»	»
13	17	2	»	»
14	2	15	»	»
15	15	28	»	»
16	28	13	»	»
17	13	26	»	»
18	26	11	»	»
19	11	24	»	»
20	24	9	»	»
21	9	22	»	»
22	22	7	»	»
23	7	20	»	»
24	20	5	»	»
25	5	18	»	»
26	18	3	»	»
27	3	16	»	»
28	16	(1)	»	Sommet

(1) Encoche de début et de fin d'enroulement.

TABLE 50

Enroulement à boucle en V, pas à gauche,
enroulement par moitiées, 30 encoches,
pas de 1 à 15 soit 14 encoches

Moitié	Section	Encoche n°		Bobinée	
n°	n°	de	à	de	à
	1	(1)	15	Base	Base
	2	15	29	Sommet	»
	3	29	13	»	»
	4	13	27	»	»
	5	27	11	»	»
	6	11	25	»	»
	7	25	9	»	»
1re	8	9	23	»	»
	9	23	7	»	»
	10	7	21	»	»
	11	21	5	»	»
	12	5	19	»	»
	13	19	3	»	»
	14	3	17	»	»
	15*	17	(1)	»	Sommet
	16	(16)	30	Base	Base
	17	30	14	Sommet	»
	18	14	28	»	»
	19	28	12	»	»
	20	12	26	»	»
	21	26	10	»	»
	22	10	24	»	»
2e	23	24	8	»	»
	24	8	22	»	»
	25	22	6	»	»
	26	6	20	»	»
	27	20	4	»	»
	28	4	18	»	»
	29	18	2	»	»
	20*	2	(16)	»	Sommet

* Sections terminant chaque moitié.
(1) Encoche de début et de fin de chaque moitié.

CHAPITRE XIV

BOBINAGE EN V A DEUX SECTIONS, CONTINU, DE SOMMET A BASE, AVEC NOMBRE PAIR D'ENCOCHES

Le chapitre XIII traitait des bobinages en V, dont il donnait l'exécution pour le plus grand nombre possible d'encoches et de pas, exécutable au tour ou à la main, et qui ne rentrent pas dans la définition du bobinage en boucle normal. Il en résulte que les bobinages en V, par moitiés séparées ou continu, utilisés suivant les descriptions précédentes, peuvent être utilisés quel que soit le nombre d'encoches et quel que soit le pas de section. Il existe cependant une autre méthode de disposer un bobinage en V qui ne peut s'utiliser que lorsque le nombre d'encoches est pair, et quel que soit le pas de section, quand le pas de section est inférieur d'une unité à la moitié du nombre des encoches (voir table 51). Ce type de bobinage a également un vaste champ d'application. Nous en donnons une description complète dans ce chapitre, y compris les schémas de bobinage et les tables. Sa forme générale vous sera donnée en vous reportant aux photographies du chapitre XIII, qui sont valables pour tous les bobinages en V.

Comme l'indique la table 51, les méthodes utilisées pour mettre en place les bobinages varient suivant que le pas de section est pair ou impair. Nous décrirons en premier lieu le cas d'un pas de section pair. Ce cas couvre les induits à 10-14-18-22-26 et 30 encoches, décrits dans les tables 52, 54, 56, 58, 60 et 62. Dans ce cas, nous choisirons comme exemple un induit à 14 encoches exécuté d'après la table 54 car les photographies de l'induit à 14 encoches du chapitre XIII donnent une bonne idée de son aspect.

Bobinage en V à deux sections, pas de section pair pour les sections 1 et 2. — La table de bobinage 54 se rapporte au schéma de bobinage de la figure 172. La figure 172 montre comment disposer les deux premières sections du bobinage en V, de base à base, parallèlement l'une à l'autre, mais de chaque côté de l'arbre. La section 1 est bobinée de base à base dans les encoches 1 et 7. Pour mettre en place la section 2, faites tourner l'induit d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre, à partir de l'encoche dans laquelle se termine la section 1. La section 2 est bobinée de base à base dans les encoches 8 et 14. Une des différences caractéristiques entre ces deux bobinages est que les deux premières sections sont dans ce cas parallèles, et

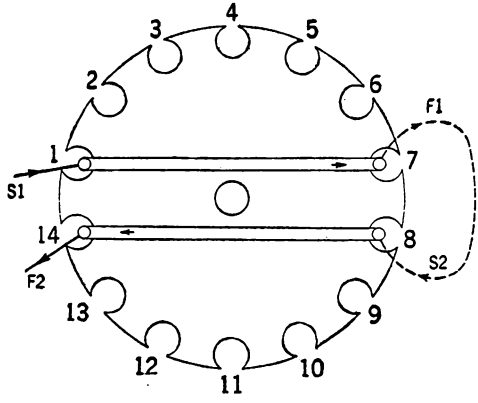


FIG. 172. — Les deux premières sections, 1 et 2, sont bobinées de base à base et parallèlement l'une à l'autre dans les encoches 1 à 7 et 8 à 14. Ce début est identique celui à du bobinage à sections parallèles.

que la deuxième section se termine une encoche en arrière du début de la première.

La table 54 montre que la section 3, représentée sur la figure 173, est bobinée de sommet à base; elle commence au sommet de l'encoche 14 dans laquelle se termine la section 2. Il en résulte qu'avec ce type de bobinage la deuxième et la troisième section forment le premier V continu de deux sections. La troisième section est séparée de celle avec laquelle elle forme le premier V par l'encoche 7, les branches du V aboutissant aux encoches 6 et 8. Ces remarques constituent une des règles fondamentales du bobinage en V à deux sections, règle que nous expliciterons par la suite.

Le V suivant formé par deux sections provient des sections 4

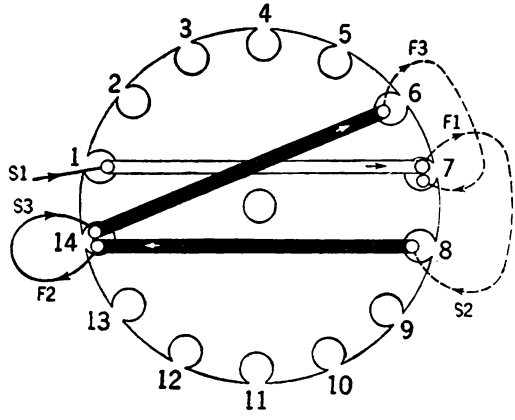


FIG. 173. — La troisième section est bobinée de sommet à base ; elle forme le premier V avec la section 2.

et 5, qui, comme on peut le voir sur la table 54, sont bobinées conformément à la figure 174. La section 4 commence au sommet de l'encoche 7 et s'achève au fond de l'encoche 13. Notez

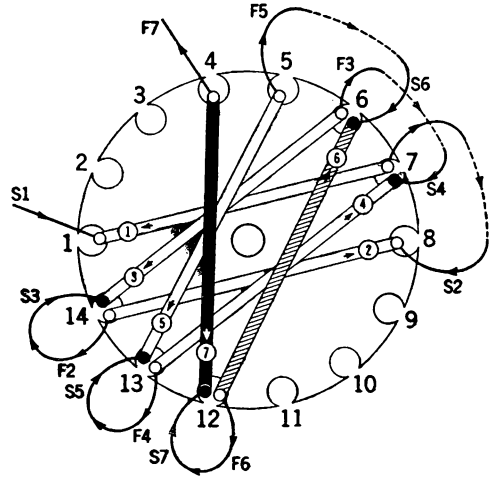


FIG. 174. — Les sections 6 et 7 forment le troisième V. Ces deux sections sont bobinées de sommet à base. La section 7 termine la première moitié, après laquelle il reste cinq encoches vides, cinq encoches à demi-remplies et cinq encoches remplies.

que, pour commencer le second V, l'induit est décalé d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre, de l'encoche 6 à l'encoche 7, à partir de la fin de la branche qui terminait le pre-

mier V; la section 4, bobinée de sommet à base dans les encoches 13 et 5 termine le second V de deux sections.

Remarquez sur les figures 172 à 174 que toutes les encoches vides sont côte à côte des deux côtés de l'induit; ce sont les encoches 2-3-4-5-6 et 9-10-11-12-13 sur la figure 173 et les encoches 2-3 et 9-10-11 sur la figure 174. Jusqu'à maintenant, nous avons mis en place trois groupes de sections formant des V, c'est-à-dire les sections 2 et 3, 4 et 5, 6 et 7. La base de chaque V est le seul point continu de l'enroulement, puisqu'il y a décalage en avance d'une encoche entre la fin d'un V et le début du suivant.

Les sections 6 et 7, qui terminent la première moitié de l'enroulement, forment le troisième V. La table 54 indique comment les disposer sur l'induit, et toutes les deux sont de sommet à base. On voit sur la figure 174 que la section 6 forme la première branche d'un V, au sommet de l'encoche 6, en avance d'une encoche sur la fin de la section 5, qui terminait le deuxième V. La section 6 va de l'encoche 6 à l'encoche 12. La section 7 termine ce V, étant bobinée de sommet à base dans les encoches 12 à 4; à ce moment, les encoches 2-3 et 9-10-11 sont encore vides tandis que les encoches 1-6-7-12-13-14 sont pleines et peuvent être calées. La ligne pointillée sur chaque schéma de bobinage indique la fin d'un V et le début du suivant. Quand la moitié du bobinage est en place, il y a deux sections parallèles, 1 et 2, figure 174, et la section 2 est la première branche du premier V composé de deux sections.

Les sections 8 et 9 forment le quatrième V, tandis que la section 8 marque en même temps le début de la seconde moitié. On peut voir sur la table 54 que les sections 8 et 9 sont mises en place comme le montre la figure 175. La section 8 est bobinée de sommet à base dans les encoches 5 et 11. Les sections 7 et 8 sont également parallèles; les sections qui respectivement marquent la fin de la première moitié et le début de la seconde sont parallèles de part et d'autre de l'arbre; la section 9 est bobinée de sommet à base dans les encoches 11 à 3; elle termine le quatrième V de deux sections et laisse vides les encoches 2-9-10.

La table 54 indique la position des sections 10 et 11, que l'on voit en place sur la figure 175; elles forment le cinquième V, et la section 10 va de l'encoche 4 au sommet à l'encoche 10 au fond, tandis que la section 11 va du sommet de l'encoche 10 au fond de l'encoche 2.

Notez qu'une fois commencée la seconde moitié, la première section de chaque V suivant est parallèle et de l'autre côté de

l'arbre à la dernière section du V précédent. On voit figure 175 que les sections 7 et 8 sont parallèles, de même que les sections 9 et 10.

La table 54 montre que les sections 12 et 13 sont bobinées comme l'indique la figure 176. Le sixième et dernier V commence avec la section 12 bobinée de sommet à base de l'encoche 3 à l'encoche 9, qui se trouve parallèle à la section 11; la section 13 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 9 et 1. On a ainsi mis en place 13 sections, dont 12 forment deux par deux

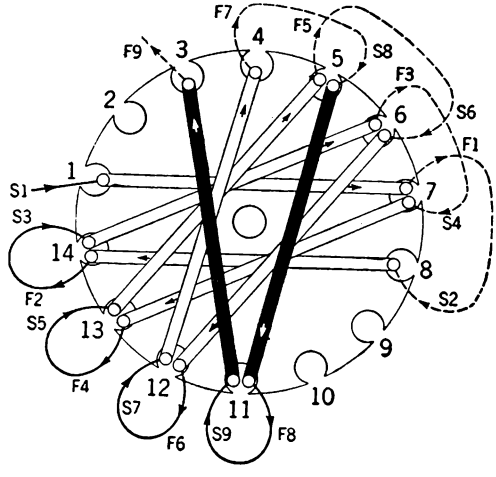


FIG. 175. — Les sections 10 et 11 forment le cinquième V. Elles sont toutes les deux bobinées de sommet à base, et les sections 9 et 10 sont parallèles.

une série de V, et 1 se trouve seule. Les encoches 2 et 8 sont à demi remplies, avec un conducteur de sortie dans l'encoche 2 et un conducteur d'entrée dans l'encoche 8. Toutes les autres encoches comportent un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie.

La table 54 montre que la dernière section 14, ne formant pas de V visible, est mise en place comme représenté sur la figure 176; la section 14 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 et 8. Dans ce type de bobinage, les deux dernières sections, n^{os} 13 et 14, sont toutes les deux totalement visibles, mais au lieu de former un V, elles sont parallèles et de part et d'autre de l'arbre.

Un examen de la figure 176, qui représente le bobinage terminé, révélera quelques points très intéressants, tout en permettant de définir les règles de ce bobinage :

1° Les deux premières sections sont bobinées de base à base.

2° Les deux dernières sections sont bobinées de sommet à sommet.

3° Toutes les autres sections sont bobinées de sommet à base.

4° La première section n'est pas « continue » par rapport au reste du bobinage.

5° La série de V formés par deux sections, qui commence avec la seconde section, est égale au nombre d'encoches moins deux

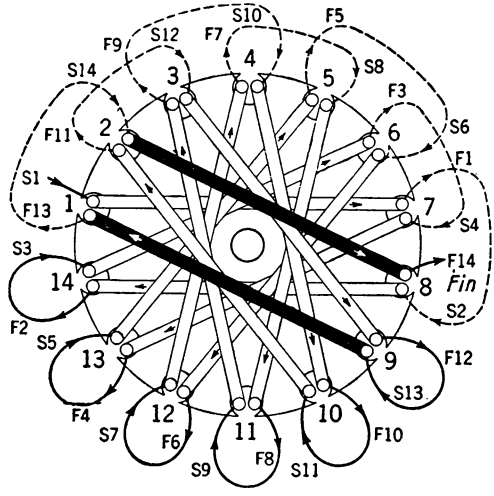


FIG. 176. — La dernière section, section 14, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 à 8. Elle est parallèle à la section 13. Ce type de bobinage débute et se termine par deux sections parallèles ; il progresse par paire de deux sections formant un V.

divisé par deux, soit dans ce cas (14 — 2) / 2 = 6 groupes, figure 176.

6° Entre la première et la dernière section, qui ne forment pas de V, le bobinage progresse en une suite de V successifs, qui lui ont donné son nom.

7° Après le début de la seconde moitié, la première section formant le début d'un V est parallèle à la dernière section du V précédent.

8° En partant de la branche terminale d'un V pour aller à la première branche du suivant, il y a décalage d'une encoche dans le sens des aiguilles d'une montre.

9° A la fin de la série de sections formant des V, une section

unique est bobinée de sommet à sommet, parallèle et de l'autre côté de l'arbre à la dernière section du dernier V.

10° Cette dernière section est commencée une encoche en avance de l'encoche dans laquelle se termine la dernière section du dernier V.

11° On voit seulement deux sections parallèles une fois le bobinage terminé.

12° Le bobinage commence et s'achève par deux sections parallèles (fig. 171 et 176).

13° Le bobinage se termine sur une encoche diamétralement opposée à l'encoche 1. Sur la figure 176, on voit qu'il commençait dans l'encoche 1 et qu'il se terminait dans l'encoche 8.

14° La dernière section doit former un V avec la seconde section, dont le sommet se trouve là où commençait la section 2.

15° Si l'on considère un conducteur d'entrée et de sortie dans chaque section, on voit que le bobinage en V à pas pair comporte deux moitiés (fig. 176). En partant de l'encoche 1, on passe par les sections 1-4-5-8-9-12-13 pour revenir dans l'encoche 1. La seconde moitié comporte les sections 2-3-6-7-10-1114, en commençant à l'encoche 8 pour aboutir dans la même.

16° La dernière section commence toujours au sommet de l'encoche 2.

Les petits nombres, dans des cercles sur chaque section, indiquent dans quel ordre elles doivent être reliées au collecteur, ce qui permet de comparer l'ordre de bobinage et l'ordre des liaisons au collecteur. Ceci permet de connaître les différences de potentiel entre chaque croisement de sections, donc d'expliquer pourquoi il faut disposer entre chaque section un isolant au cours du bobinage.

Les données précédentes, avec la table 51, les tables de bobinage, n^{os} 52, 54, 56, 58, 60 et 62 ainsi que les schémas, figures 172 à 176, montrent comment le bobinage en V par groupes de deux sections est mis en place sur l'induit dans le cas d'un nombre pair de sections et d'un pas pair. Les données suivantes traiteront de cet enroulement quand le nombre d'encoches est pair et quand le pas du bobinage est impair.

Bobinage en V par groupes de deux sections, à pas de section impair. — A partir de la table 51, nous trouvons que les induits à nombre pair d'encoches et pas de section impair sont bobinés

conformément aux données des tables 53, 55, 57, 59 et 61, dans le cas des induits à 12, 16, 20, 24 et 28 encoches; plus particulièrement, la table 53 se rapporte aux induits à 12 encoches dont les schémas de bobinage sont donnés aux figures 177 à 179.

Nous voyons sur la table 51 que les sections 1 et 2 sont bobinées conformément au schéma de la figure 177, où l'on voit que ces deux sections sont bobinées de base à base, la première dans les encoches 1 et 6, la seconde dans les encoches 7 à 12; la seconde section est parallèle et de l'autre côté de l'arbre à la section 1. Toutes les encoches vides sont réparties en deux groupes de chaque côté de l'induit. Le premier V est formé par les sections 2 et 3, table 51, figure 177, et l'on voit que la section 3 est bobinée de sommet à base dans les encoches 12 à 5; il en résulte que

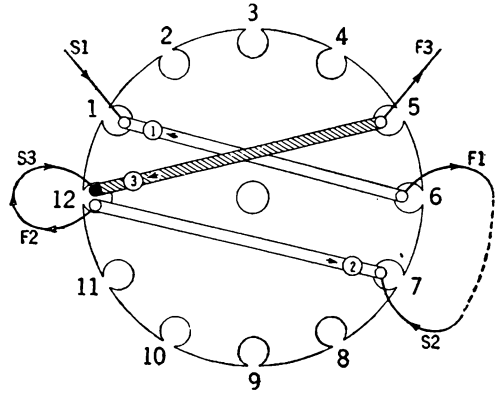


FIG. 177. — La section 3 est bobinée de sommet à base dans les encoches 12 à 5 et forme le premier V. Notez que S3 et F2 se trouvent dans l'encoche 12.

les sections 2 et 3 sont continues, dans les encoches 7 à 12 et 12 à 5, la base du V se trouvant dans l'encoche 12.

Les figures 172, 173 et 177 montrent de toute évidence que les deux bobinages en V débutent de la même manière. Il devient intéressant de comparer ces deux bobinages stade par stade, par exemple les figures 172 et 177, 173 et 177, 174 et 178, 175 et 179, 176 et 179.

Le second V composé de deux sections provient de celles qui portent les n^{os} 4 et 5, d'après la table 53 et la figure 178; on voit que la section 4 débute au sommet de l'encoche 6 pour se terminer à la base de l'encoche 11, tandis que la section 5 débute au sommet de l'encoche 11 pour se terminer à la base de l'encoche 4. Ainsi, le second V commence en décalant d'une encoche

dans le sens des aiguilles d'une montre après la fin du premier V; en comparant les figures 174 et 178, on voit que les deux enroulements sont identiques.

Le troisième V résulte de la mise en place des sections 6 et 7, table 51; on voit leur disposition sur la figure 178, sur laquelle la section 6 forme la première branche du V, du sommet de l'encoche 5 à la base de l'encoche 10; en même temps, cette section achève la première moitié du bobinage, qui se trouve alors comparable à la figure 175. Sur la figure 178, le troisième V est complété en mettant en place la section 7 de sommet à base dans les encoches 10 à 3. Remarquez que les sections 5 et 6 sont parallèles; la même règle reste valable dans ce cas; la première sec-

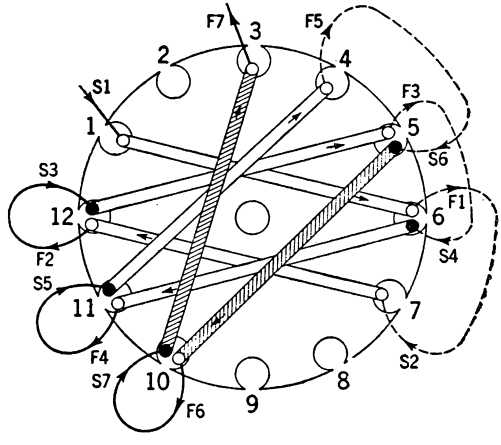


FIG. 178. — Les sections 6 et 7 sont bobinées de sommet à base ; elles forment le troisième V, en même temps qu'elles remplissent les encoches 5 et 10.

tion d'un V est parallèle à la dernière section du V précédent. De même que sur la figure 178, la section 7 marque le début de la seconde moitié. Vous pouvez voir que les encoches restées vides sont toujours groupées de chaque côté de l'induit.

Le quatrième V de deux sections, formé par les sections 8 et 9 est, suivant la table 51, bobiné suivant le schéma de la figure 179, où l'on voit ces deux sections bobinées de sommet à base, la section 8 allant de l'encoche 4 à l'encoche 9. La section 9 va de l'encoche 9 à l'encoche 2. Les sections 7 et 8 sont parallèles et la figure 179 est comparable à la figure 175, car, dans les deux cas, il reste une seule encoche vide, tandis que quatre seulement sont à demi remplies.

Le cinquième et, dans ce cas, le dernier V, est constitué par les

sections 10 et 11, d'après la table 51; il est mis en place conformément au schéma de la figure 179, suivant laquelle la section 10, première branche du V, est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 et 1, les sections 9 et 10 se trouvant parallèles. La figure 179 est comparable à la figure 176, car à ce moment toutes les encoches sont remplies sauf deux qui sont à demi remplies. Remarquez que, dans les deux cas, l'encoche 2 est une des encoches à demi remplies. De même, pour ces deux enroulements, la dernière section du dernier V se termine dans l'encoche 1.

La dernière section simple du bobinage, d'après la table 51 et la figure 179, est la section 12, bobinée de sommet à sommet de

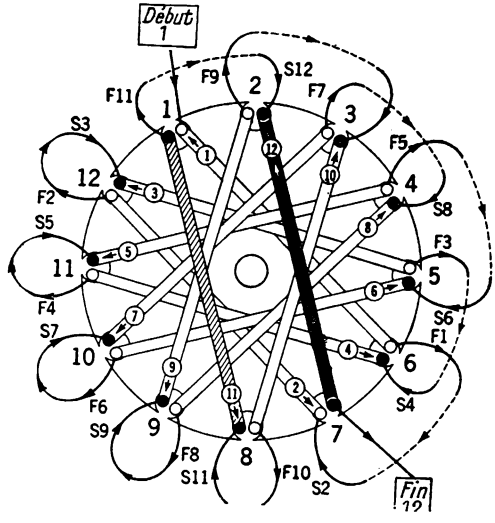


FIG. 179. — La dernière section, n° 12, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 2 à 7, parallèlement à la section 11. Ainsi, ce type de bobinage débute et se termine par deux sections parallèles ; il progresse par paire de sections formant un V, comme 2 et 3, 4 et 5, 6 et 7, 8 et 9, 10 et 11.

l'encoche 2 à l'encoche 7; les schémas des figures 177 et 179 sont donc comparables. Notez sur la figure 179 que les deux sections visibles sont 11 et 12, et qu'elles sont parallèles l'une à l'autre de part et d'autre de l'arbre.

En examinant les figures 172 à 179, il apparaît comme évident que les bobinages en V par groupes de deux sections sont les mêmes quand le nombre d'encoches est pair, que le pas de section soit pair ou impair. La seule différence, qui est automatique, est que le bobinage à pas pair se divise en deux moitiés, comme

on peut le voir sur la figure 176, tandis que le bobinage à pas impair est continu, comme le prouve une étude de la figure 179.

Sur la figure 179, sans tenir compte des lignes pointillées entre groupes de deux V, et en utilisant le conducteur de départ et de sortie de chaque encoche, on peut aller de l'encoche 1 à l'encoche 1 par le chemin suivant : sections 1-4-5-8-9-12-2-3-6-7-10-11-12, partant de la base de l'encoche 1 pour aboutir au sommet de la même encoche.

Il en résulte qu'une étude des chapitres XIII et XIV montre qu'avec un nombre d'encoches pair, que le pas soit pair ou impair, à condition qu'il soit égal au pas diamétral diminué de 1, le meilleur bobinage est le bobinage en V par groupe de deux sections. Pour les induits ayant un nombre impair d'encoches, que le pas soit pair ou impair, quand le pas est égal au nombre d'encoches moins un divisé par deux, c'est-à-dire 11 encoches, pas de 1 à 6, ou 13 encoches, pas de 1 à 7, le bobinage en V continu à boucles peut être utilisé.

Ainsi, pour un pas déterminé, et pour un nombre d'encoches connu, un des deux bobinages peut parfaitement s'adapter, comme nous venons de l'expliquer.

Les bobinages décrits jusqu'à maintenant conviennent très bien à l'atelier de rebobinage, soit à la main, soit dans le cas d'une production de série, au tour.

TABLE 51*

Bobinage en V de deux sections, pour induits de 20 à 30 encoches, en nombre pair, pas de sections pair ou impair.

Nombre d'encoches	Pas de section			Table
	pair	impair	encoches	N°
10	–	√	1 à 5	52
12	√	–	1 à 6	53
14	–	√	1 à 7	54
16	√	–	1 à 8	55
18	–	√	1 à 9	56
20	√	–	1 à 10	57
22	–	√	1 à 11	58
24	√	–	1 à 12	59
26	–	√	1 à 13	60
28	√	–	1 à 14	61
30	–	√	1 à 15	62

* Ce bobinage ne peut s'adapter aux induits ayant un nombre impair d'encoches.

TABLE 52

10 encoches, pas 1 à 5

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	(1)	5	Base	Base
2	6	10	»	»
3	10	4	Sommet	»
4	5	9	»	»
5	9	3	»	»
6	4	8	»	»
7	8	2	»	»
8	3	7	»	»
9	9	1	Sommet	Sommet
10	2	(6)	»	»

TABLE 53

Enroulement à 2 sections en V
12 encoches, pas impair de 1 à 6

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	6	Base	Base
2	7	12	»	»
3	12	5	Sommet	»
4	6	11	»	»
5	11	4	»	»
6	5	10	»	»
7	10	3	»	»
8	4	9	»	»
9	9	2	»	»
10	3	8	»	»
11	8	1	»	Sommet
12	2	(7)	»	»

TABLE 54

Bobinage à 2 sections en V, 14 encoches,
pas pair de 1 à 7

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	7	Base	Base
2	8	14	»	»
3	14	6	Sommet	»
4	7	13	»	»
5	13	5	»	»
6	6	12	»	»
7	12	4	»	»
8	5	11	»	»
9	11	3	»	»
10	4	10	»	»
11	10	2	»	»
12	3	9	»	»
13	9	1	»	Sommet
14	2	(8)		»

TABLE 55

Bobinage à deux sections en V
16 encoches, pas impair de 1 à 8

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	8	Base	Base
2	9	16	»	»
3	16	7	Sommet	»
4	8	15	»	»
5	15	6	»	»
6	7	14	»	»
7	14	5	»	»
8	6	13	»	»
9	13	4	»	»
10	5	12	»	»
11	12	3	»	»
12	4	11	»	»
13	11	2	»	»
14	3	10	»	»
15	10	1	»	Sommet
16	2	(9)	»	»

TABLE 56

Bobinage à deux sections en V
18 encoches, pas pair 1 à 9

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	9	Base	Base
2	10	18	»	»
3	18	8	Sommet	»
4	9	17	»	»
5	17	7	»	»
6	8	16	»	»
7	16	6	»	»
8	7	15	»	»
9	15	5	»	»
10	6	14	»	»
11	14	4	»	»
12	5	13	»	»
13	13	3	»	»
14	4	12	»	»
15	12	2	»	»
16	3	11	»	»
17	11	1	Sommet	Sommet
18	2	(10)	»	»

TABLE 57

Bobinage à 2 sections en V
20 encoches, pas impair 1 à 10

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	(1)	10	Base	Base
2	11	20	»	»
3	20	9	Sommet	»
4	10	19	»	»
5	19	8	»	»
6	9	18	»	»
7	18	7	»	»
8	8	17	»	»
9	17	6	»	»
10	7	16	»	»
11	16	5	»	»
12	6	15	»	»
13	15	5	»	»
14	4	14	»	»
15	14	3	»	»
16	4	13	»	»
17	13	2	»	»
18	3	12	»	»
19	12	1	»	Sommet
20	2	(11)	»	»

TABLE 58

Bobinage à 2 sections en V
22 encoches, pas pair 1 à 11

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	(1)	11	Base	Base
2	12	22	»	»
3	22	10	Sommet	»
4	11	21	»	»
5	21	9	»	»
6	10	20	»	»
7	20	8	»	»
8	9	19	»	»
9	19	7	»	»
10	8	18	»	»
11	18	6	»	»
12	7	17	»	»
13	17	5	»	»
14	6	16	»	»
15	16	4	»	»
16	5	15	»	»
17	15	3	»	»
18	4	14	»	»
19	14	2	»	»
20	3	13	»	»
21	13	1	»	Sommet
22	2	(12)	»	»

TABLE 59

Bobinage à 2 sections en V
24 encoches, pas impair 1 à 12

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	12	Base	Base
2	13	24	»	»
3	24	11	Sommet	»
4	12	23	»	»
5	23	10	»	»
6	11	22	»	»
7	22	9	»	»
8	10	21	»	»
9	21	8	»	»
10	9	20	»	»
11	20	7	»	»
12	8	19	»	»
13	19	6	»	»
14	7	18	»	»
15	18	5	»	»
16	6	17	»	»
17	17	4	»	»
18	5	16	»	»
19	16	3	»	»
20	4	15	»	»
21	15	2	»	»
22	3	14	»	»
23	14	1	»	Sommet
24	2	(13)	»	»

TABLE 60

Bobinage à 2 sections en V
26 encoches, pas pair de 1 à 13

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	(1)	13	Base	Base
2	14	26	»	»
3	26	12	Sommet	»
4	13	25	»	»
5	25	11	»	»
6	12	24	»	»
7	24	10	»	»
8	11	23	»	»
9	23	9	»	»
10	10	22	»	»
11	22	8	»	»
12	9	21	»	»
13	21	7	»	»
14	8	20	»	»
15	20	6	»	»
16	7	19	»	»
17	19	5	»	»
18	6	18	»	»
19	18	4	»	»
20	5	17	»	»
21	17	9	»	»
22	4	16	»	»
23	16	2	»	»
24	3	15	»	»
25	15	1	»	Sommet
26	2	(14)	»	»

TABLE 61

Bobinage à 2 sections en V
28 encoches, pas impair de 1 à 14

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	(1)	14	Base	Base
2	15	28	»	»
3	28	13	Sommet	»
4	14	27	»	»
5	27	12	»	»
6	13	26	»	»
7	26	11	»	»
8	12	25	»	»
9	25	10	»	»
10	11	24	»	»
11	24	9	»	»
12	10	23	»	»
13	23	8	»	»
14	9	22	»	»
15	22	7	»	»
16	8	21	»	»
17	21	6	»	»
18	7	20	»	»
19	20	5	»	»
20	6	19	»	»
21	19	4	»	»
22	5	18	»	»
23	18	3	»	»
24	4	17	»	»
25	17	2	»	»
26	3	16	»	»
27	16	1	»	Sommet
28	2	(15)	»	»

TABLE 62

Bobinage à 2 sections en V
30 encoches, pas pair de 1 à 15

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	(1)	15	Base	Base
2	16	30	»	»
3	30	14	Sommet	»
4	15	29	»	»
5	29	13	»	»
6	14	28	»	»
7	28	12	»	»
8	13	27	»	»
9	27	11	»	»
10	12	26	»	»
11	26	10	»	»
12	11	25	»	»
13	25	9	»	»
14	10	24	»	»
15	24	8	»	»
16	9	23	»	»
17	23	7	»	»
18	8	22	»	»
19	22	6	»	»
20	7	21	»	»
21	21	5	»	»
22	6	20	»	»
23	20	4	»	»
24	5	19	»	»
25	19	3	»	»
26	4	18	»	»
27	18	2	»	»
28	3	17	»	»
29	17	1	»	Sommet
30	2	(16)	»	»

CHAPITRE XV

BOBINAGES EN V CONTINU, DE SOMMET A BASE, AVEC NOMBRE D'ENCOCHES IMPAIR

Bobinages pour induits à nombre d'encoches impair. — Le chapitre précédent traitait du bobinage en V appliqué à un induit dont le nombre d'encoches était pair, que le pas de section soit pair ou impair. Toutefois, un nombre pair d'encoches et un pas de section impair aboutissait à réaliser un enroulement en deux moitiés séparées.

Quand le nombre d'encoches est impair et que le pas exprimé en encoches est égal à $(S - 1)/2$, l'enroulement est continu, que le pas soit pair ou impair. Par exemple, considérons un induit à 9 encoches, avec un pas de 1 à 5, soit 4 encoches. Il en résulte que dans ce cas $S = 9$ et $(9 - 1)/2 = 4$; l'enroulement sera continu. Identiquement, l'induit à 15 encoches, table 64, avec un pas de 1 à 8, sera également à enroulement continu, car $(15 - 1)/2 = 7$.

Les tables de bobinage, tables 63 à 72, montrent que toutes les combinaisons possibles peuvent être couvertes par l'enroulement en V continu. Pour faire comprendre la différence entre le bobinage sur nombre d'encoches pair, avec un pas de section impair et le bobinage sur nombre d'encoches impair, que le pas soit pair ou impair, lors de bobinages en V continus, nous ne donnerons comme exemple complet que celui d'un induit à 9 encoches avec un pas pair de 1 à 5, soit 4, sans table de bobinage.

Nombre d'encoches impair, pas pair. — Les schémas de bobinage des figures 180 et 183 s'appliquent à un induit ayant 9 encoches, avec un pas de section de 1 à 5.

Le premier schéma, figure 180, montre la section 1 bobinée de base à base de l'encoche 1 à l'encoche 5; la section 2 est continue de l'encoche 5 à l'encoche 9, bobinée de sommet à base. Notez que les deux branches du V aboutissent dans des encoches voisines, soit une encoche en arrière de celle dans laquelle débute la première branche du V.

La figure 180 montre également les sections 3 et 4, toutes les deux bobinées de sommet à base, la section 3 continue de l'encoche 9 à l'encoche 4 et la section 4 de l'encoche 4 à l'encoche 8. Quand quatre sections ont été mises en place, il est possible de caler les trois encoches 5-9-4, qui sont pleines.

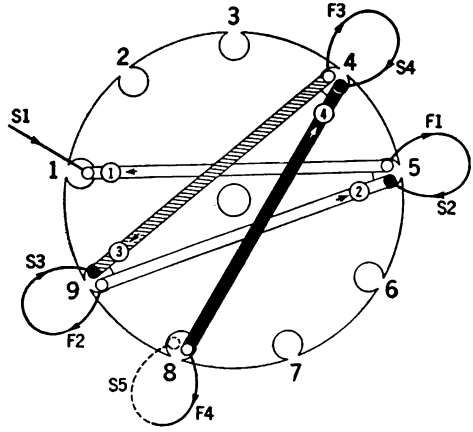


FIG. 180. — Les sections 3 et 4 sont bobinées de sommet à base dans les encoches 9 à 4 et 4 à 8, formant deux séries de V.

La première moitié composée de cinq sections est représentée sur la figure 181; la section 5, qui termine cette première moitié,

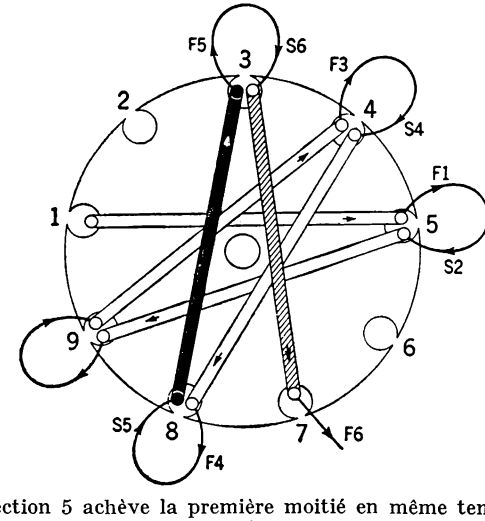


FIG. 181. — La section 5 achève la première moitié en même temps qu'elle commence la seconde ; elle est bobinée de sommet à base dans les encoches 8 à 3. La section 6 fait suite à la section 5, puisqu'elle est bobinée de sommet à base dans les encoches 3 à 6.

commence au sommet de l'encoche 8 et se termine à la base de l'encoche 3. On voit cette section hachurée, bobinée de sommet à base, sur la figure 181. La première moitié a ainsi rempli les encoches 5-9-4-8, et à demi les encoches 1 et 3.

La seconde moitié commence avec la section 6, qui débute au sommet de la section 3 pour se terminer à la base de la section 7, comme on peut le voir sur la figure 181. Remarquez que, dans ce cas, les sections parallèles qui apparaissaient précédemment dès le début de la seconde moitié ne sont plus visibles.

Le dernier V des sections 8 et 9 est mis en place comme le

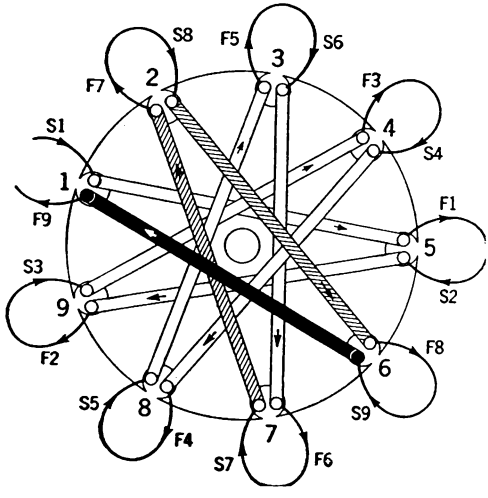


FIG. 182. — Le bobinage est terminé avec les sections 7, 8 et 9, les deux premières étant bobinées de sommet à base dans les encoches 7 à 2 et 2 à 6. La dernière section, n° 9, est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 6 à 1 ; elle se termine au-dessus de la section 1. Notez que les sections 1 et 9 forment également un V de base encoche 1, aboutissant aux encoches 5 et 6.

montre le schéma de la figure 182, suivant lequel la section 8 est bobinée de sommet à base, de l'encoche 2 à l'encoche 6. La dernière section, n° 9, hachurée sur la figure 182, est bobinée de sommet à sommet, de l'encoche 6 à l'encoche 1. Ainsi, le bobinage se termine au sommet de l'encoche dans laquelle commence la section 1.

Si l'on compare la figure 182 à la figure 171, on trouve que les différences essentielles entre les deux bobinages sont : figure 182, plus de sections parallèles d'une moitié à l'autre, extrémités des V adjacentes, remplissage des encoches dans l'ordre 5-9-4-8-3-7-2-6-1, soit deux encoches de numéro impair, deux de numéro

pair, la dernière section remplissant la dernière encoche de numéro impair.

Nombre d'encoches impair, pas de section impair. — Pour montrer qu'avec un nombre impair d'encoches et un pas pair ou impair, nous avons donné les tables de bobinage (tables 63 à 72), qui sont les mêmes que dans le cas du bobinage continu en V, nous avons représenté un bobinage d'induit à 11 encoches, avec pas de 1 à 6, soit 5, sur la figure 183.

Sur cette figure, la section 1 est bobinée de base à base, puis les sections 2, 3, 4 et 5, qui achèvent la première moitié, sont toutes

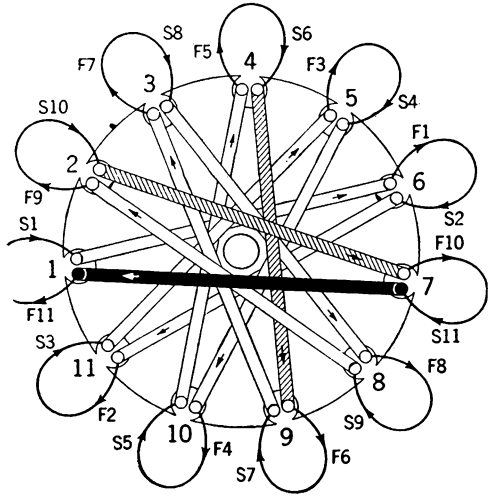


FIG. 183. — Bobinage avec un nombre impair d'encoches, soit 11. Le pas est également impair, soit de 1 à 6. La section 1 est bobinée de base à base, la section 11 de sommet à sommet.

bobinées de sommet à base, la section 5 se terminant à la base de l'encoche 4. Il en résulte que la première moitié est continue et qu'elle remplit les encoches 6-11-5-10 dans cet ordre. La seconde moitié commence avec la section 6, qui fait suite aux précédentes de façon continue du sommet de l'encoche 4, puis les sections 6-7-8-9 et 10 sont toutes bobinées de sommet à base, ce qui remplit les encoches 6-11-5-10-4-9-3-8-2. La dernière section, n° 11, aussi bien du bobinage que de la seconde moitié, est bobinée de sommet à sommet, dans les encoches 7 et 1; les encoches se trouvent remplies dans l'ordre 6-11-5-10-4-9-3-2-7-1, une de numéro pair, deux de numéro impair, deux de numéro pair, deux de numéro impair, deux de numéro pair, deux de numéro impair, seule différence entre les figures 182 et 183.

On peut déduire des tables de bobinage, n^{os} 63 à 72, et des schémas, figures 182 et 183, les règles suivantes qui sont valables dans le cas d'un nombre impair d'encoches et d'un pas de section pair ou impair, quand le bobinage est un bobinage en V continu :

1° La première section est bobinée de base à base.

2° Toutes les sections jusqu'à l'avant-dernière incluse sont bobinées de sommet à base.

3° La dernière section est bobinée de sommet à sommet.

4° La seconde moitié commence au sommet de l'encoche à la base de laquelle se termine la première moitié.

5° La dernière section se termine au sommet de l'encoche dans laquelle commence le bobinage.

6° Après le début de la seconde moitié, il ne se produit pas de parallélisme entre sections.

7° Les sommets des V formés par deux sections adjacentes se trouvent dans des encoches adjacentes.

8° Chaque V se termine dans une encoche immédiatement derrière l'encoche dans laquelle il a commencé.

9° Avec le début de la seconde moitié toutes les encoches se remplissent au fur et à mesure de la mise en place de chaque section, et peuvent par suite être calées.

Les données de ce chapitre, conjointement à celles du chapitre XIV, montrent tous les détails importants d'un bobinage utilisé sur une vaste échelle, quelles que soient les combinaisons d'encoches et de lames de collecteur, car il est possible de bobiner des sections (alors appelées bobines), composées de plusieurs fils en parallèle.

TABLE 63

13 encoches, pas de 1 à 7

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	7	Base	Base
2	7	13	Sommet	»
3	13	6	»	»
4	6	12	»	»
5	12	5	»	»
6	5	11	»	»
7	11	4	»	»
8	4	10	»	»
9	10	3	»	»
10	3	9	»	»
11	9	2	»	»
12	2	8	»	»
13	8	1	Sommet	Sommet

TABLE 64

15 encoches, pas de 1 à 8

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	8	Base	Base
2	8	15	Sommet	»
3	15	7	»	»
4	7	14	»	»
5	14	6	»	»
6	6	13	»	»
7	13	5	»	»
8	5	12	»	»
9	12	4	»	»
10	4	11	»	»
11	11	3	»	»
12	3	10	»	»
13	10	2	»	»
14	2	9	»	»
15	9	1	Sommet	Sommet

TABLE 65

17 encoches, pas de 1 à 9

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	9	Base	Base
2	9	17	Sommet	»
3	17	8	»	»
4	8	16	»	»
5	16	7	»	»
6	7	15	»	»
7	15	6	»	»
8	6	14	»	»
9	14	5	»	»
10	5	13	»	»
11	13	4	»	»
12	4	12	»	»
13	12	3	»	»
14	3	11	»	»
15	11	2	»	»
16	2	10	»	»
17	10	1	Sommet	Sommet

TABLE 66

19 encoches, pas de 1 à 10

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	10	Base	Base
2	10	19	Sommet	»
3	19	9	»	»
4	9	18	»	»
5	18	8	»	»
6	8	17	»	»
7	17	7	»	»
8	7	16	»	»
9	16	6	»	»
10	6	15	»	»
11	15	5	»	»
12	5	14	»	»
13	14	4	»	»
14	4	13	»	»
15	13	3	»	»
16	3	12	»	»
17	12	2	»	»
18	2	11	»	»
19	11	1	»	Sommet

TABLE 67

Enroulement en V continu, 21 encoches
pas de 1 à 11

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	11	Base	Base
2	11	21	Sommet	»
3	21	10	»	»
4	10	20	»	»
5	20	9	»	»
6	9	19	»	»
7	19	8	»	»
8	8	18	»	»
9	18	7	»	»
10	7	17	»	»
11	17	6	»	»
12	6	16	»	»
13	16	5	»	»
14	5	15	»	»
15	15	4	»	»
16	4	14	»	»
17	14	3	»	»
18	3	13	»	»
19	13	2	»	»
20	2	12	»	»
21	12	1	Sommet	Sommet

TABLE 68

Enroulement en V continu, 23 encoches
pas de 1 à 12

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	12	Base	Base
2	12	23	Sommet	»
3	23	11	»	»
4	11	22	»	»
5	22	10	»	»
6	10	21	»	»
7	21	9	»	»
8	9	20	»	»
9	20	8	»	»
10	8	19	»	»
11	19	7	»	»
12	7	18	»	»
13	18	6	»	»
14	6	17	»	»
15	17	5	»	»
16	5	16	»	»
17	16	4	»	»
18	4	15	»	»
19	15	3	»	»
20	3	14	»	»
21	14	2	»	»
22	2	13	»	»
23	13	1	Sommet	Sommet

TABLE 71

Enroulement continu en V, 29 encoches, pas de 1 à 15

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	15	Base	Base
2	15	29	Sommet	»
3	29	14	»	»
4	14	28	»	»
5	28	13	»	»
6	13	27	»	»
7	27	12	»	»
8	12	26	»	»
9	26	11	»	»
10	11	25	»	»
11	25	10	»	»
12	10	24	»	»
13	24	9	»	»
14	9	23	»	»
15	23	8	»	»
16	8	22	»	»
17	22	7	»	»
18	7	21	»	»
19	21	6	»	»
20	6	20	»	»
21	20	5	»	»
22	5	19	»	»
13	19	4	»	»
24	4	18	»	»
25	18	3	»	»
26	3	17	»	»
27	17	2	»	»
28	2	16	»	»
29	16	1	Sommet	Sommet

TABLE 72

Enroulement continu en V, 31 encoches, pas de 1 à 16

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	16	Base	Base
2	16	31	Sommet	»
3	31	15	»	»
4	15	30	»	»
5	30	14	»	»
6	14	29	»	»
7	29	13	»	»
8	13	28	»	»
9	28	12	»	»
10	12	27	»	»
11	27	11	»	»
12	11	26	»	»
13	26	10	»	»
14	10	25	»	»
15	25	9	»	»
16	9	24	»	»
17	24	8	»	»
18	8	23	»	»
19	23	7	»	»
20	7	22	»	»
21	22	6	»	»
22	6	21	»	»
23	21	5	»	»
24	5	20	»	»
25	20	4	»	»
26	4	19	»	»
27	19	3	»	»
28	3	18	»	»
29	18	2	»	»
30	2	17	»	»
31	17	1	»	Sommet

TABLE 69

Enroulement continu en V, 25 encoches pas de 1 à 13

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	13	Base	Base
2	13	25	Sommet	»
3	25	12	»	»
4	12	24	»	»
5	24	11	»	»
6	11	23	»	»
7	23	10	»	»
8	10	22	»	»
9	22	9	»	»
10	9	21	»	»
11	21	8	»	»
12	8	20	»	»
13	20	7	»	»
14	7	19	»	»
15	19	6	»	»
16	6	18	»	»
17	18	5	»	»
18	5	17	»	»
19	17	4	»	»
20	4	16	»	»
21	16	3	»	»
22	3	15	»	»
23	15	2	»	»
24	2	14	»	»
25	14	1	Sommet	Sommet

TABLE 70

Enroulement continu en V, 27 encoches pas de 1 à 14

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	14	Base	Base
2	14	27	Sommet	»
3	27	13	»	»
4	13	26	»	»
5	26	12	»	»
6	12	25	»	»
7	25	11	»	»
8	11	24	»	»
9	24	10	»	»
10	10	23	»	»
11	23	9	»	»
12	9	22	»	»
13	22	8	»	»
14	8	21	»	»
15	21	7	»	»
16	7	20	»	»
17	20	6	»	»
18	6	19	»	»
19	19	5	»	»
20	5	18	»	»
21	18	4	»	»
22	4	17	»	»
23	17	3	»	»
24	3	16	»	»
25	16	2	»	»
26	2	15	»	»
27	15	1	Sommet	Sommet

CHAPITRE XVI

BOBINAGE EN V CONTINU, DE BASE A SOMMET, POUR NOMBRE D'ENCOCHES PAIR ET PAS PAIR

Les bobinages décrits sous ce titre peuvent être utilisés dans la majorité des rebobinages au tour ou à la main des induits courant continu pour moteurs bipolaires. On peut leur attribuer le n° 1 parmi les trois bobinages les plus utilisés en réparations générales. Il comporte deux caractéristiques importantes qui lui sont propres, et grâce auxquelles il est le bobinage idéal dans la plupart des cas.

Son nom, bobinage en V continu, de base à sommet, provient du fait que l'on bobine toutes les sections de cette manière, sauf les deux premières et les deux dernières sections. Il ressemble quelque peu au bobinage en V à deux sections décrit au chapitre XIV, en même temps qu'il supprime deux des inconvénients de ce mode de bobinage. La description du bobinage en V continu de base à sommet sera divisée en deux chapitres : (1) le chapitre XVI traitera des bobinages à pas de section pairs; (2) le chapitre XVII traitera des bobinages à pas de section impairs. Pour tous les induits ayant un nombre d'encoches pair, compris entre 12 et 36, reportez-vous aux tables 73 à 83.

Bobinages en V de base à sommet. — La caractéristique principale de ce bobinage est que, commençant avec la troisième section, cette dernière compris, toutes les autres sections ont leur conducteur de sortie au sommet d'une encoche, ce que l'on peut également exprimer de la façon suivante : dans toutes les encoches sauf deux, quel que soit le nombre d'encoches, la dernière spire de chaque section est au sommet d'une encoche, et non enfouie sous une demi-section.

Une autre caractéristique de ce bobinage réside dans le fait que tout nombre d'encoches compris entre 12 et 38 ou plus, mais pair, soit 12, 14, 16, etc., avec un pas de section inférieur au pas diamétral, soit inférieur à 1 à 6 pour 12 encoches, à 1 à 7 pour

14 encoches, etc., il n'y a qu'une règle de bobinage valable dans tous les cas.

Ce bobinage s'exécute également en mettant en place deux sections parallèles de part et d'autre de l'arbre, une section de numéro impair formant un V avec une section de numéro pair. Il en résulte aussi que ce bobinage est mieux équilibré et qu'il nécessite peu de place pour les chignons. Dans le cas d'induits alimentés sous plus de 110 volts, il faut isoler les têtes de section les unes des autres et disposer un isolant dans les encoches entre les demi-sections supérieure et inférieure.

Tables de bobinage. — Nous donnons pour ce bobinage en V de base à sommet 11 tables de bobinage correspondant aux induits de 12 à 32 encoches, de deux en deux encoches, c'est-à-dire 12, 14, 16, etc. Les numéros donnés dans ces tables peuvent s'appliquer aussi bien à l'avant qu'à l'arrière de l'induit, à condition que l'on fasse la correction de sens de rotation dans le cas de bobinage à droite ou à gauche, aussi bien dans le cas du bobinage à la main que dans le cas du bobinage au tour.

Ces tables sont données en deux groupes, n^{os} 73 à 77 dans ce chapitre, dans le cas d'un pas de section pair, et n^{os} 78 à 83 au chapitre XVII dans le cas d'un pas de section impair.

Bobinages à pas à droite. — Comme la plupart des bobinages précédemment décrits étaient des bobinages au tour à pas à gauche, nous choisirons l'induit à 14 encoches (table 73) à pas pair, de 1 à 7, soit 6, et nous décrirons un bobinage à la main avec sections à pas à droite. Nous utiliserons aussi bien les schémas de bobinage que les photographies. Ces dernières ont été prises sur un induit bobiné en totalité et progressivement débobiné, afin de bien montrer la forme à donner aux sections pendant le bobinage.

Groupe 1. Sections 1 et 2. — Les figures 184 et 185 montrent la mise en place, de base à base, de la section 1, côté opposé au collecteur, au-dessus de l'arbre, comme 1 à encoche 7. La section 1 suit les règles de bobinage exposées table 73.

La première règle de ce bobinage est que la seconde section de chaque paire parallèle commence dans l'encoche dont le numéro est supérieur d'une unité à celle dans laquelle se termine la section précédente. On peut encore exprimer cette règle en d'autres termes; le bobinage progresse par deux sections à la fois, parallèles entre elles, comme 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, etc., et la seconde section de chaque paire est bobinée du côté opposé

de l'arbre, après compte de 1 à 2 encoches après la fin de la première section de la paire. Notez que les tables comportent une courte ligne entre les numéros de sections parallèles.

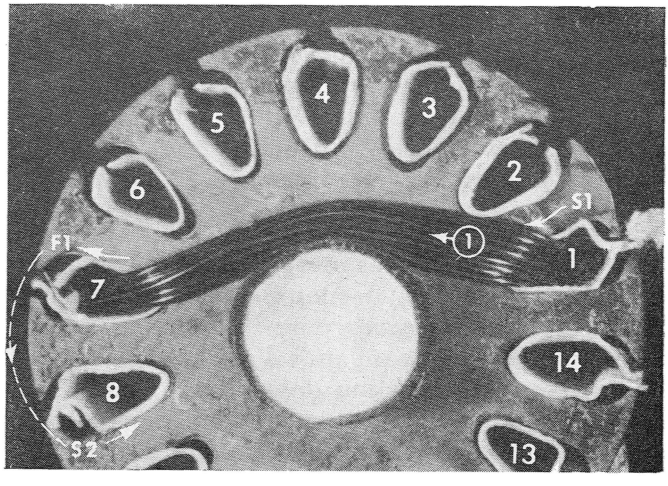


FIG. 184. — Vue arrière de la section 1, bobinée de base à base dans les encoches 1 à 7. Bobinage à main, pas à droite.

Ainsi, la figure 185 montre le début de la section 2 dans l'encoche 8, bobinée de base à base de 8 à 14, au-dessus de l'arbre et parallèlement à la section 1; on voit que ces deux sections sont

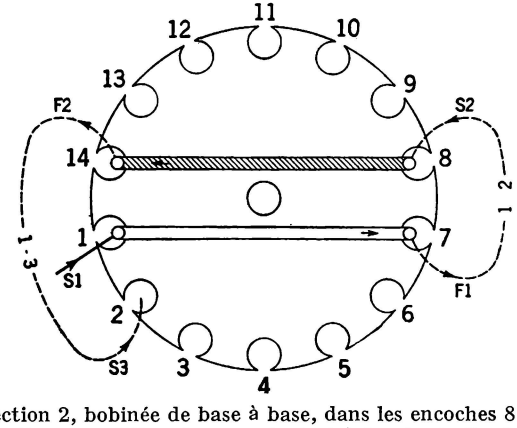


FIG. 185. — La section 2, bobinée de base à base, dans les encoches 8 à 14, forme la première paire de sections parallèles. On compte de 1 à 2 entre la fin de la section 1, F1 et le début S2 de la section 2. Voir figures 262 et 263.

parallèles. La figure 185 montre que la première paire de sections parallèles est bobinée de base à base.

A ce stade du bobinage, il est bon de marquer les deux conducteurs de sortie, F1 et F2, car les deux encoches d'où ils sont issus sont les deux dernières à être remplies, et ce repérage permet d'éviter des erreurs de bobinage.

Groupe 2. Sections 3 et 4. — L'induit se trouve alors prêt à recevoir une seconde paire de sections parallèles, dont la première portera un numéro impair, dans ce cas le n° 3, ce qui nous permet de définir la seconde règle de ce bobinage; un compte de 1 à 3 encoches sépare entre la fin d'une paire de sections parallèles et le début de la suivante, et la section dont on a ainsi défini le début doit commencer de l'autre côté de l'arbre.

Cette règle est illustrée par la figure 186, en même temps qu'elle

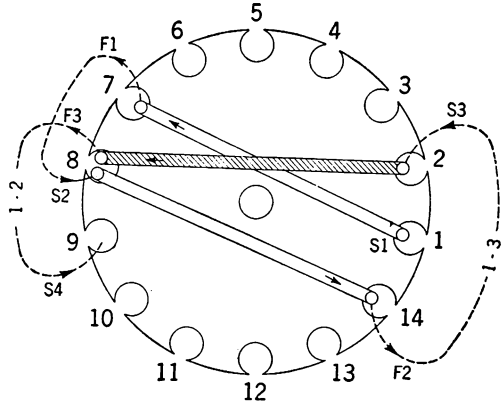


FIG. 186. — Début de la troisième section et de la seconde paire. On obtient le premier V. La section 3 est bobinée de base à sommet dans les encoches 2 à 8 ; elle remplit l'encoche 8 qui peut être calée. Ainsi, le conducteur de sortie de la section 3 se trouve au sommet de l'encoche 8.

fait ressortir une des caractéristiques importantes de ce bobinage. Sur cette figure, on voit le début de la section 3 commencer dans l'encoche 2, soit après un compte de 1 à 3 à partir de la fin de la section 2, dans l'encoche 14. On bobine alors la section 3 de la base de l'encoche 2, au-dessus de l'arbre, du côté opposé à la section 2, au sommet de l'encoche 8. L'encoche 8 se trouve de ce fait remplie et peut être calée, mais la caractéristique importante réside dans le fait que le conducteur de sortie F3 de la section 3, figure 189, se trouve au sommet de tous les fils de cette encoche. La figure 189 montre la caractéristique « de base à sommet » de ce bobinage.

Nous pouvons donner à ce stade les règles simples de ce bobinage : (1) on compte toujours de 1 à 2 de la fin de toute section

impaire au début de toute section paire, par exemple de 1 à 2, 3 à 4, 5 à 6, etc.; (2) on compte toujours de 1 à 3 entre la fin de toute section de numéro pair et le début de toute section de numéro impair, par exemple de 2 à 3, de 4 à 5, de 6 à 7, etc.; (3) toute section est bobinée du côté opposé de l'arbre par rapport à la section précédente.

Les tables, les schémas et les photographies confirment la validité de ces trois règles pour le bobinage en V de base à sommet, a sections parallèles deux à deux, quel que soit le sens du bobinage et la méthode de mise en place.

La figure 187 montre la section 4, de numéro pair et qui suc-

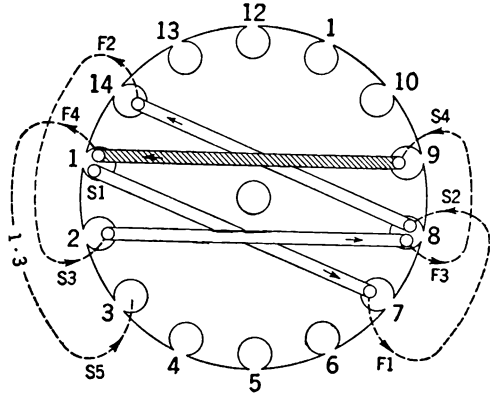


FIG. 187. — La section 4, bobinée de base à sommet dans les encoches 9 à 1, remplit l'encoche 1, prête à être calée. La section 4 forme un V avec la section 1, et la section 4 termine la seconde paire de sections parallèles.

cède à une section de numéro impair; elle commence dans l'encoche 9, après un compte de 1 à 2 à partir de la section 3. La section 4 est également bobinée de base à sommet, et elle remplit l'encoche 1 qui peut être calée. Nous avons alors bobiné quatre sections, soit deux paires parallèles, avec un compte de 1 à 2 entre les sections 1 et 2 et 3 et 4, et un compte de 1 à 3 entre les sections 2 et 3; deux encoches peuvent alors être calées, car elles sont remplies, les n^{os} 1 et 8.

La figure 187 montre la quatrième section en place, vue du côté opposé au collecteur. Notez que de chaque côté de l'encoche pleine située de chaque côté de l'induit il se trouve une encoche à demi remplie. Cette remarque ne doit pas être oubliée, car elle reste valable quel que soit le nombre d'encoches, pendant tout le bobinage des induits habillés suivant cette méthode.

Une fois que les deux premières sections ont été mises en place, toutes les autres sections, sauf les deux dernières, sont bobinées de base à sommet. Les tables 73 à 83 donnent les numéros des sections correspondant à chaque numéro d'encoche qui doivent être bobinées de base à sommet, et la table 73, dans le cas d'un induit à 14 encoches, indique qu'il y a 10 sections ainsi bobinées, du numéro 3 au numéro 12.

Groupe 3. Sections 5 et 6. — La figure 188 montre la section 5 bobinée de base à sommet, commencée dans l'encoche 3,

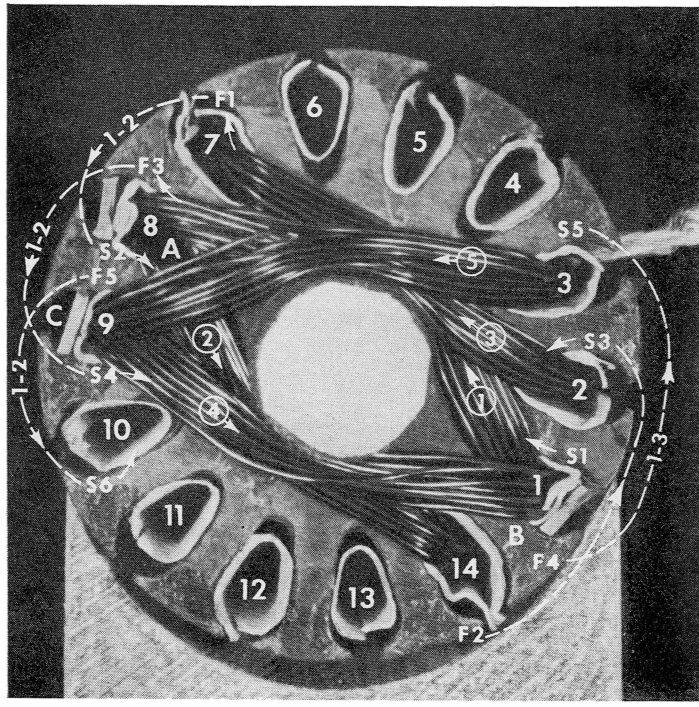


FIG. 188. — Vue arrière, côté droit. La section 5, bobinée de base à sommet dans les encoches 3 à 9, remplit l'encoche 9, qui peut être calée. Notez comment les encoches calées suivent la progression du bobinage. Les cales marquées A, B et C indiquent l'ordre de leur calage, donc l'ordre de remplissage des encoches 3, 4 et 5.

qui est le début de la troisième paire de sections parallèles. Comme on passe d'une section de numéro pair à une section de numéro impair, le compte entre F4 et S5 est de 1 à 3, comme on peut le voir. La section 5 se termine au sommet de l'encoche 9, qu'elle remplit, et qui peut alors être calée. La figure 188 montre ces cinq sections du côté opposé au collecteur avec la section 5

au sommet. Notez la position de l'encoche calée pour la section 5. Les petites lettres sur les bords de la photographie montrent dans quel ordre les encoches sont calées; on les retrouve sur les autres photographies.

La figure 189 représente ces cinq mêmes sections du côté col-

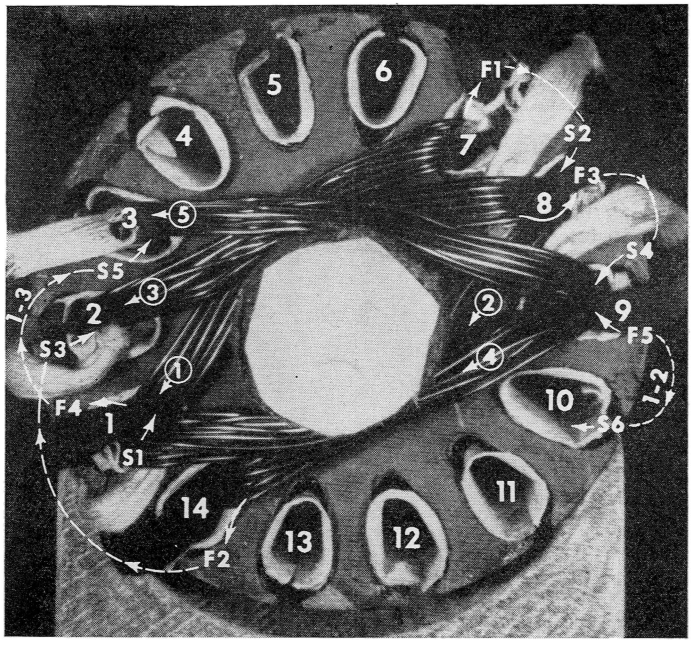


FIG. 189. — Vue avant, côté droit. La section 5, bobinée de base à sommet à partir de l'encoche 3 a son conducteur de sortie F5 au sommet de l'encoche pleine 9. Notez comment les conducteurs de sortie se trouvent au sommet des encoches 1, 8 et 9.

lecteur, et l'on peut voir les conducteurs de sortie F3, F4 et F5 au sommet des encoches 8, 1 et 9.

La figure 190 montre la section 6 bobinée de base à sommet, commencée dans l'encoche 10, qui achève la troisième paire de sections parallèles; elle se termine dans l'encoche 2, qu'elle remplit avant calage, et son conducteur de sortie F6 se trouve au sommet de cette encoche. On compte de 1 à 2 entre les sections 5 et 6. La figure 190 montre six sections vues du côté opposé au collecteur, les lettres indiquant l'ordre de remplissage des encoches. Remarquez également les deux encoches à demi remplies de chaque côté de l'induit et de part et d'autre des encoches remplies. Comparez cette figure à la figure 187; cette con-

dition se trouve remplie quand on a compté de 1 à 3 pour commencer la section suivante. Il en résulte que le calage d'une encoche, dès qu'elle est remplie, fournit un repère commode pour trouver l'encoche de départ de la section suivante, comme on peut le voir sur tous les schémas et sur toutes les photographies.

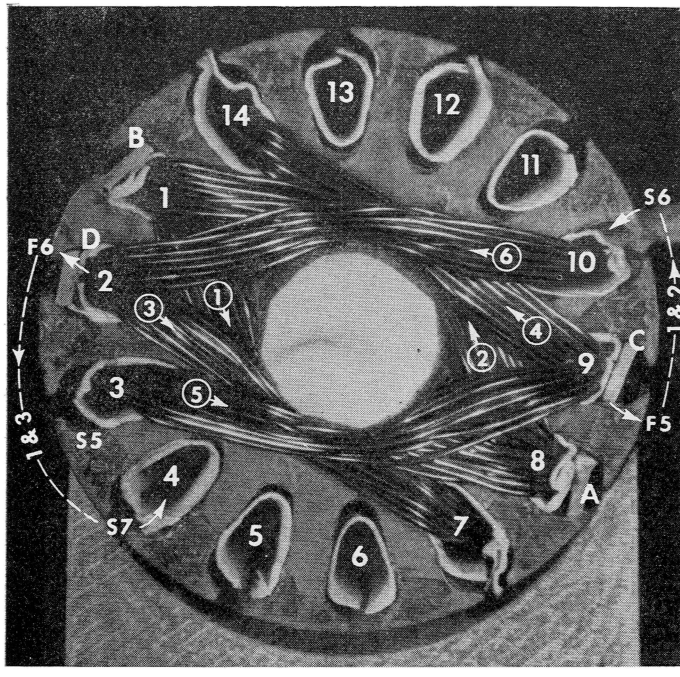


FIG. 190. — La section 6 est bobinée de base à sommet (vue arrière) de l'encoche 10 à l'encoche 2 qu'elle remplit et qui peut être calée. Notez que six sections permettent de caler les encoches 1, 2, 8 et 9. D est la dernière encoche calée.

Les figures 184 à 190, conjointement à la table 73, montrent comment mettre en place les six premières sections, soit les trois premières paires de sections parallèles, avec un compte de 1 à 2 ou 1 à 3 entre les sections.

Groupe 4. Milieu de bobinage. Sections 7 et 8. — On voit sur la table 73 que la section 7 doit en même temps achever la première moitié du bobinage et commencer la quatrième paire de sections parallèles. Le schéma de bobinage, figure 191, montre le début de la section 7 à la base de l'encoche 4. Le conducteur d'entrée S7 se trouve dans une encoche après un compte de 1 à 3 après le conducteur F6 de sortie de la section 6, donc en pas-

sant d'une section de numéro pair à une section de numéro impair. Le pas de départ est de 1 à 3.

La section 7 est bobinée de base à sommet de l'encoche 4 à l'encoche 10 qu'elle remplit et qu'il est possible de caler. Les schémas de bobinage comme la figure 191 sont tous des vues arrière, côté opposé au collecteur. Notez que la section 7 forme un V avec la section 6 qui, à son tour, est une des sections parallèles du groupe 3. La figure 191 illustre ainsi les combinaisons de section parallèles et de V qui caractérisent ce bobinage.

La section 7, telle qu'elle est représentée sur la figure 191, fait ressortir une autre règle simple que le bobineur peut utiliser pour identifier le point de départ de n'importe quelle section de

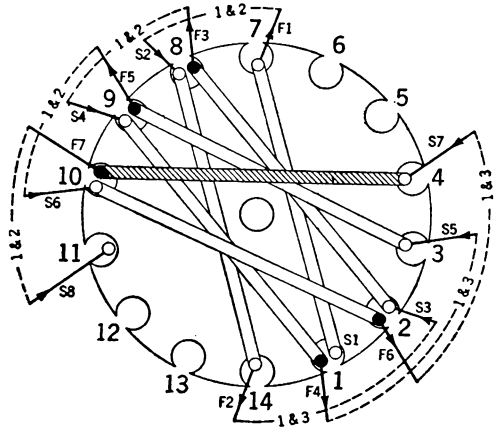


FIG. 191. — La section 7 est bobinée de base à sommet de l'encoche 4 à l'encoche 10 qu'elle remplit et que l'on peut caler. La section 7 achève la première moitié du bobinage, formant trois paires et demi de sections parallèles. Le bobinage est toujours continu.

numéro pair. Sur la figure 191 aussi bien que sur la figure 180, notez que la première section, ou toute section de numéro impair, comme la section 7 (fig. 191) remplit les encoches dans l'ordre de leurs numéros en décalant d'une encoche à partir de l'encoche qui contient F1, en même temps qu'elle laisse à sa gauche une encoche vide (encoche 11, suite de l'encoche 10). Par exemple, la section 8 débutera dans l'encoche 11, soit après un compte de 1 à 2 à partir de F7.

Les figures 186, 188 et 191 indiquent une méthode importante de localisation des sections de numéro pair, c'est-à-dire des secondes sections des paires de sections parallèles. Nous savons que les sections de numéros pairs doivent être bobinées du côté

opposé de l'arbre par rapport aux sections de numéros impairs dont le bobinage vient d'être achevé (section 7, figure 191). Ce fait permet immédiatement de localiser les encoches 11 et 3 (fig. 192) pour la section 8, sans se reporter à la table ou à un schéma de bobinage, et le bobineur peut préparer les encoches 11 et 3.

La vue arrière du bobinage, figure 191, lorsque la section 7 est en place, montre sans hésitation possible comment commencer la section qui achève la paire de sections parallèles soit, dans ce cas, les encoches 11 et 3. Une fois familiarisé avec ce mode de bobinage, il est facile de trouver d'autres repères pour achever un tel bobinage sans erreurs.

On achève la première moitié d'un bobinage d'induit à 14 encoches sur la section 7, figure 191, et le bobinage ne s'est pas refermé sur lui-même. Cette remarque est valable pour toutes les combinaisons de pas et d'encoches, le nombre d'encoches devant être divisible par deux et le pas doit être inférieur au pas diamétral; il reste indispensable d'avoir un induit de moteur bipolaire.

Les tables 75 à 77, ainsi que les tables 78 à 83, chapitre XVII, indiquent que tous les bobinages, pour induits de 12 à 32 encoches, achèvent leur première moitié sur une section de numéro pair ou impair. Ceux qui se terminent sur une section de numéro impair sont ceux dans lesquels le pas de section est pair, comme dans les tables 73 à 77. Les bobinages dont la première moitié se termine sur une section de numéro pair sont ceux dans lesquels le pas de section est impair, comme dans les tables 78 à 83, chapitre XVII.

Par suite, la table 73, qui commence un induit à 14 encoches, pas de section de 1 à 7, soit 6, montre que la première moitié s'achève sur une section de numéro impair (section 7). La seconde moitié doit commencer par la section 8, après un compte de 1 à 2 de l'encoche 3 à l'encoche 11. Le bobinage se poursuit sans aucune modification dans le compte des encoches entre sections.

La section 8, qui commence la seconde moitié du bobinage d'un induit à 14 encoches est représentée sur la figure 192 où l'on peut voir qu'elle est bobinée de base à sommet dans les encoches 11 à 3; elle remplit l'encoche 3. La section 8 achève également le quatrième groupe de sections parallèles. La figure 192 représente la section 8 vue du côté opposé au collecteur avec l'encoche 3 calée et marquée F. Il y a de nouveau deux encoches à demi remplies de chaque côté de l'arbre et de chaque côté des encoches

remplies et calées. On voit également sur cette figure que les conducteurs de sortie pairs (F4, F6 et F8) se trouvent dans des encoches remplies et calées suivant l'ordre de rotation de l'induit en prenant comme origine le conducteur F2 de l'encoche 14.

Nous avons recommandé dans la première partie de ce chapitre de repérer les conducteurs de sortie F1 et F2 pour les utiliser comme « indicateur ». Un examen des figures 187, 189 et 192 permettra également de trouver une méthode simple de retrouver les conducteurs de départ des sections de numéros impairs. Par exemple, remarquez sur les figures que la fin des paires de sections parallèles, comme 2, 3 et 4, amène un nombre égal d'encoches à être calé de chaque côté de l'arbre. Il se trouve

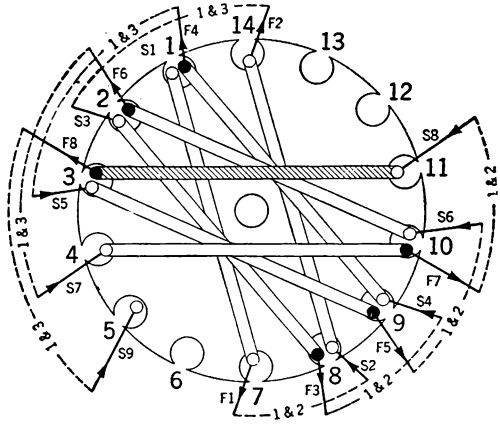


FIG. 192. — La section 8 est bobinée de base à sommet de l'encoche 11 à l'encoche 3, qu'elle remplit et que l'on peut caler. La section 8 achève la quatrième paire de sections parallèles et marque le début de la seconde moitié du bobinage.

également une encoche à demi remplie de chaque côté de chaque groupe d'encoches remplies.

Il en résulte que le point de départ de la section suivante de numéro impair doit être fait après un compte de 1 à 3 en partant de la fin de la dernière section de numéro pair. Cette section doit commencer à la base d'une encoche vide et doit former un V au sommet de l'encoche dans laquelle commençait la précédente section de numéro pair.

Sur la figure 192, l'application de cette règle amène à disposer la section 9 dans les encoches 5 et 11. Elle se traduit sur la figure 190 par le bobinage de la section 7 dans les encoches 4 et 10, et sur la figure 187 par le bobinage de la section 5 dans les encoches 3 et 9. La table 73 et les schémas de bobinage (fig. 188,

191 et 192) prouvent que cette règle est toujours valable. On voit qu'à ce stade le bobineur peut préparer des encoches (par exemple les nos 5 et 11, figure 191) pour la section suivante, quand il arrive à la fin d'une section paire, avant le début d'une section impaire.

Par suite, les conducteurs F1 et F2, ainsi que les conditions qui régissent le bobinage après mise en place d'une section paire et d'une section impaire aident le bobineur à poursuivre son bobi-

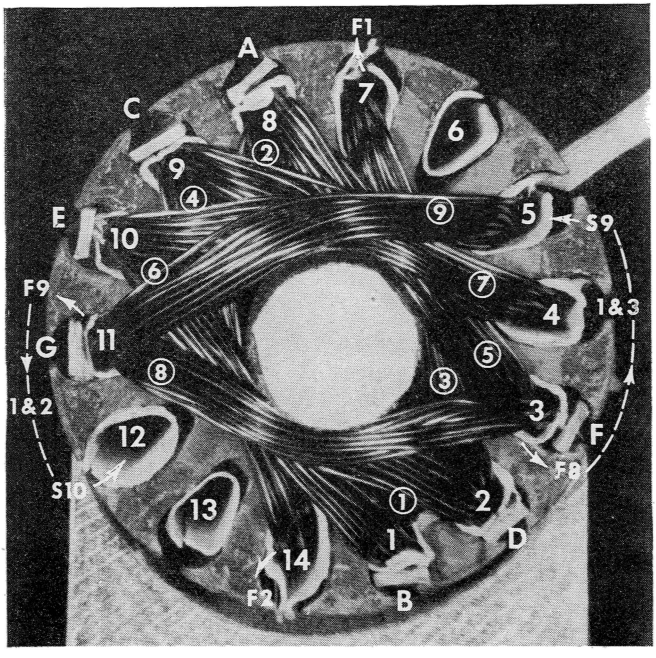


FIG. 193. — La section 9 est bobinée de base à sommet dans les encoches 5 à 11. Elle commence la cinquième paire de sections parallèles et remplit l'encoche 11, dans laquelle G indique la dernière cale mise en place.

nage en lui indiquant les encoches à préparer. Ces caractéristiques devraient être bien étudiées pour permettre un rebobinage rapide.

Groupe 5. Sections 9 et 10. — La section 9, par laquelle commence la cinquième paire de sections parallèles, est représentée sur la figure 193, bobinée de base à sommet dans les encoches 5 à 11, en remplissant cette dernière; cette section 9 forme avec la section 8 un V dont la base se trouve dans l'encoche 11. La

figure 193 montre la section 9 bobinée, vue du côté opposé au collecteur, ainsi que sept encoches calées, repérées de A à G.

Notez l'emplacement des conducteurs F1 et F2 à la tête de chaque groupe d'encoches. Sur la figure 192, l'encoche vide n° 12, sous F9, et l'encoche demi remplie, n° 4, sous S9, sont parallèles à la section 9 et de l'autre côté de l'arbre, ce qui indique où doit être disposée la section 10.

La section 10, comme on peut le voir sur la figure 194 et la

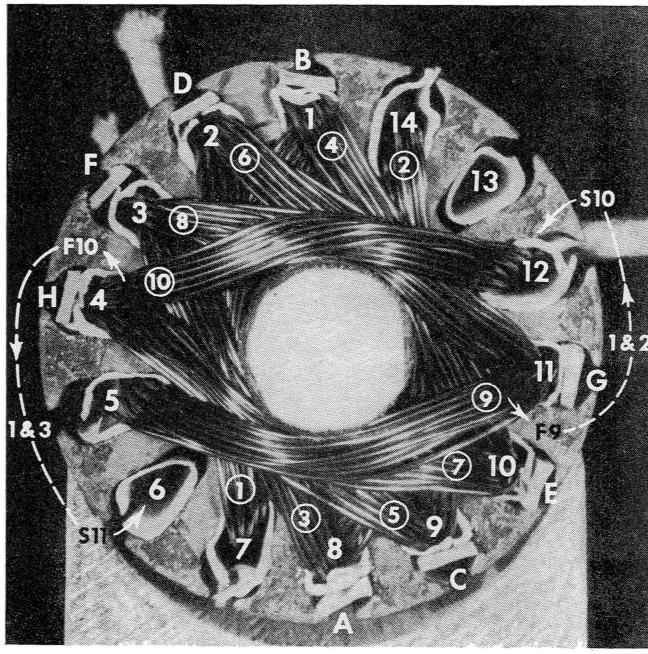


FIG. 194. — Vue arrière, côté droit. La section 10, bobinée de base à sommet, de l'encoche 12 à l'encoche 4, remplit cette dernière, qui peut être calée. On a ainsi terminé la cinquième paire de sections parallèles. Les encoches 7 et 14 sont à demi-remplies.

table 73, est bobinée de base à sommet dans les encoches 9 et 4, cette dernière se trouvant remplie et calée. La figure 194 montre la section 10 en place; elle termine la cinquième paire de sections parallèles. Remarquez qu'elle forme avec la section 7 un V dont la base se trouve dans l'encoche 10. La dernière section d'une paire de sections parallèles forme un V avec la première section de la paire précédente, V dont la base se trouve dans l'encoche où se termine la dernière section mise en place.

On peut suivre cette règle sur la figure 192 pendant tout le

bobinage. La section 4 forme un V avec la section 1 dans l'encoche 1. La section 6 forme un V avec la section 3 dans l'encoche 2. La section 8 forme un V avec la section 5 dans l'encoche 3. Sur cette figure, les encoches remplies (nos 1, 2, 3 et 4) contiennent la base des V formés par les sections qui terminent une paire de sections parallèles et les sections par lesquelles commençait la paire précédente.

Nous avons montré sur la figure 195 que la première section d'une paire de sections parallèles formait un V avec la dernière section de la paire suivante, et nous pouvons vérifier cette règle sur les sections mises en place; les sections 2 et 3 forment un V

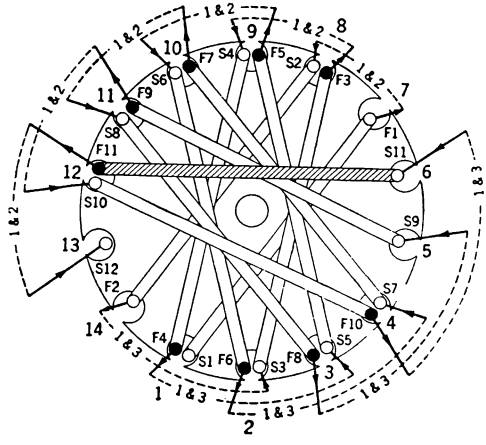


FIG. 195. — La section 11, bobinée de base à sommet dans les encoches 6 à 12 remplit l'encoche 12 qui peut être calée. La section 11 marque le début de la sixième paire de sections parallèles. Voir figure 196.

dont la base est dans l'encoche 8, les sections 4 et 5 forment un V dont la base est dans l'encoche 9, les sections 6 et 7 forment un V dont la base est dans l'encoche 10 et les sections 8 et 9 forment un V dont la base est dans l'encoche 11. De nouveau, toutes les encoches remplies de ce côté de l'induit sont bases de V. Nous avons donc deux moyens de vérifier la bonne progression du bobinage.

Groupe 6. Sections 11 et 12. — Le début de la sixième paire de sections parallèles est représenté sur la figure 195, sur laquelle on voit la section 11 bobinée de base à sommet dans les encoches 6 et 12, cette dernière se trouvant remplie. La section 11 forme avec la section 10 un V dont la base se trouve dans l'encoche 12. A ce stade du bobinage d'un induit à 14 encoches, il ne

reste plus qu'une encoche vide, n° 13, et quatre encoches à demi remplies, n^{os} 5, 6, 7 et 14. On en peut déduire qu'il n'y a plus que trois sections à bobiner, mais la dernière encoche vide a une signification particulière.

La figure 195 montre la section 11 du côté opposé au collecteur, ainsi que les encoches calées, l'encoche vide et les quatre

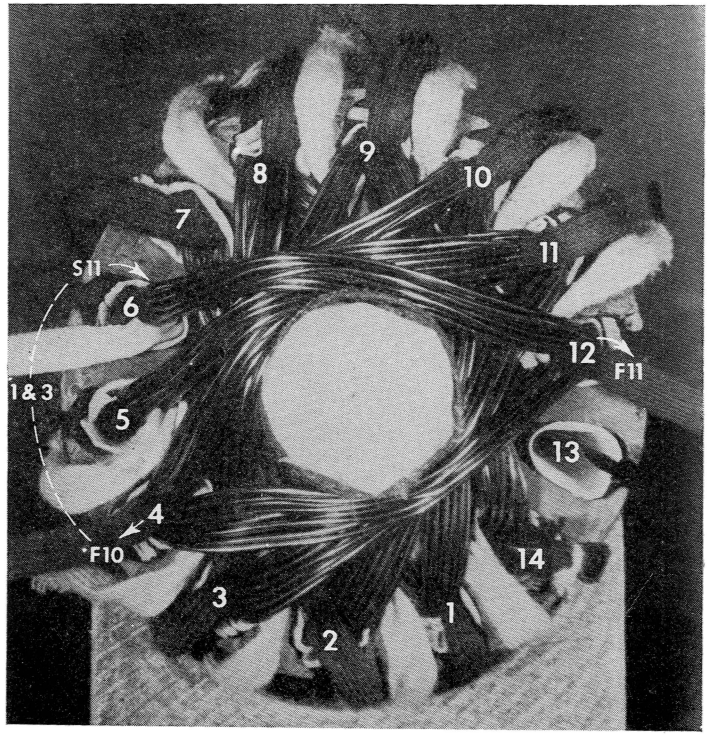


FIG. 196. — La section 11 est bobinée de la base de l'encoche 6 au sommet de l'encoche 12. Son conducteur de sortie F11 se trouve au sommet de l'encoche. Notez les conducteurs de sortie au sommet des encoches calées.

encoches à demi remplies. Remarquez le V formé par les sections 10 et 11. La figure 196 montre la section 11 du côté collecteur, ainsi que les conducteurs de sortie des sections 3 et 11 au sommet de leurs encoches.

La section 12, comme on peut le voir sur la figure 197, est bobinée de base à sommet, en commençant dans l'encoche 13, soit après un compte de 1 à 2 à partir du conducteur de sortie F11 de la section 11, pour se terminer dans l'encoche 5 au sommet,

ce qui permet de mettre la cale J. Sur cette figure, on voit que la section 12 forme avec la section 9 un V dont la base se trouve dans l'encoche 9. Une fois en place, la section 12 termine la paire de sections parallèles commencée avec la section 11, avec la cale J dans l'encoche 5, ce qui laisse seulement quatre encoches à demi remplies, deux de chaque côté de l'induit, soit les encoches 6 et 7 d'un côté de l'arbre et les encoches 13 et 14 de l'autre

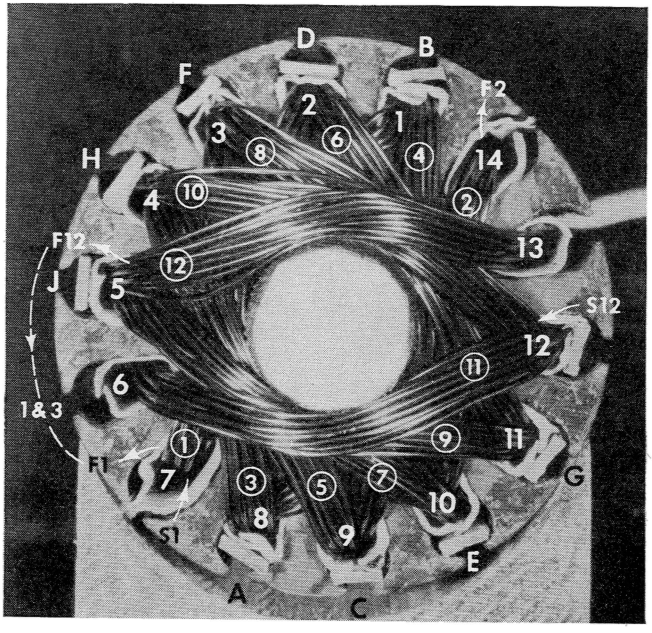


FIG. 197. — La section 12, vue arrière, va de la base de l'encoche 13 au sommet de l'encoche 5 qu'elle remplit. La section 12 termine la sixième paire de sections parallèles. Notez que quatre encoches, 6, 7, 13 et 14 sont à demi-remplies. La section 13 sera bobinée dans les encoches 7 et 13.

côté. La figure 197 montre que les conducteurs F1 et F2 se trouvent dans les encoches 7 et 14. Il est évident que ces deux encoches seront toujours destinées à recevoir les deux dernières sections de ce type de bobinage.

Groupe 7. Sections 13 et 14. — Dans le cas d'un induit à 14 encoches, la septième paire de sections parallèles achève le bobinage et, dans tous les cas, avec ce type de bobinage, la dernière paire de sections parallèles est bobinée de sommet à sommet, comme l'indiquent les tables 73 à 83. La figure 198 représente la section 13, par laquelle débute la dernière paire de sec-

tions parallèles; le conducteur d'entrée S13 est disposé dans l'encoche déterminée par un compte de 1 à 3 après l'encoche qui contient F12, soit au sommet de l'encoche 13. Remarquez sur la figure 198 que le conducteur S13, conducteur d'entrée de l'avant-dernière section du bobinage se trouve dans la même encoche que le conducteur F1 qui termine la première section; cette avant-dernière section forme également avec la première section un V dont la base se trouve dans l'encoche 13.

Sur la figure 198, sur laquelle la section 13 est bobinée, nous pouvons suivre la moitié des sections du bobinage, soit 7 pour

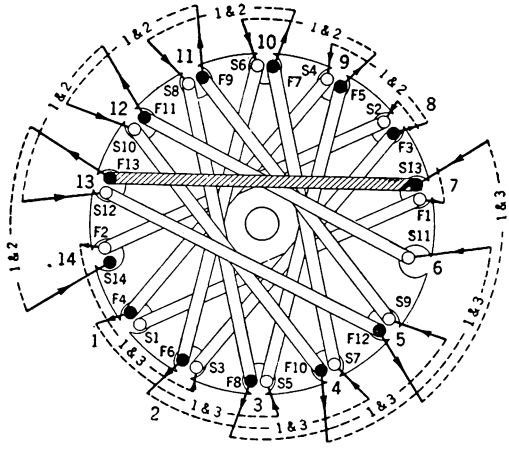


FIG. 198. — La section 13 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 7 à 13, qu'elle remplit toutes les deux et qui peuvent être calées. La section 13 marque le début de la dernière paire de sections parallèles ; elle forme un V avec la section 1. Les ronds noirs marquent les demi-sections supérieures et les ronds blancs les demi-sections inférieures. Voir figure 190.

un induit à 14 encoches, et trouver une série continue. Par exemple, en partant de la section 13, en S13, dans l'encoche 7, nous passons à travers les sections suivantes : 13, 12, 9, 8, 5, 4 et 1 pour revenir à F1 dans l'encoche 7. On voit que ce bobinage de base à sommet se divise, après bobinage, en deux moitiés distinctes; mais la série de bobinage était continue, avec toujours un compte de 1 à 2 et de 1 à 3 pour passer d'une section à l'autre, même en franchissant le point milieu du bobinage.

La figure 199 montre la section 13 vue du côté opposé au collecteur, ce qui permet de caler les deux encoches 7 et 13, en K et L. On dispose deux fils d'attachage sous les deux dernières sections en X; ils ont pour but d'empêcher les fils des dernières sections de s'étaler pendant la marche du moteur. Ces attaches

devraient se trouver environ à mi-chemin entre l'axe de l'induit et les encoches.

La figure 202 montre la section 13 du côté collecteur. Remarquez que son conducteur de sortie F13 se trouve au sommet de l'encoche 13. Tous les autres conducteurs de sortie se trouvent également au sommet d'une encoche, sauf les conducteurs F1 et F2. Sur les figures 198, 199 et 202, il reste deux encoches à demi rem-

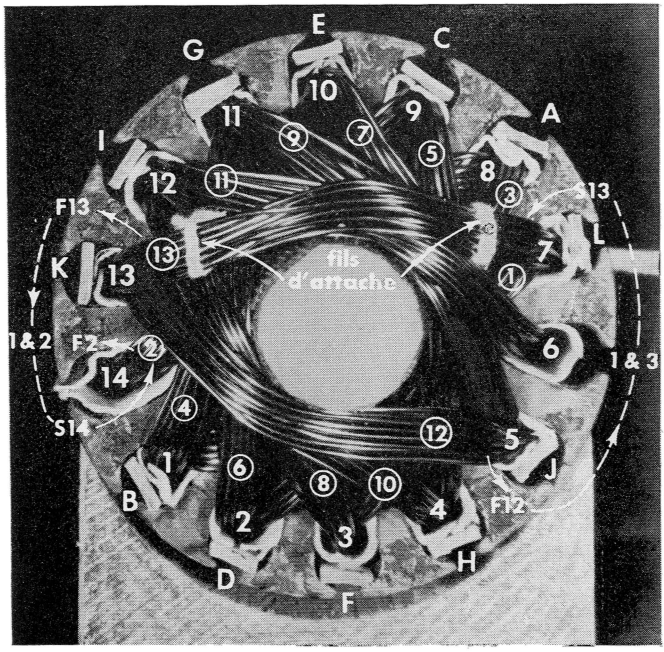


FIG. 199. — La section 13 est bobinée de sommet à sommet et remplit les encoches 7 et 13 ; son conducteur de sortie F13 se trouve au sommet de l'encoche 13. La section 13 marque le début de la septième et dernière paire de sections parallèles. Notez que deux liens attachent ensemble les conducteurs de la section 13.

plies, c'est-à-dire l'encoche 14 qui renferme le conducteur F2 et l'encoche 6 avec le conducteur S11. La figure 198 montre que toutes les encoches remplies ont respectivement un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie.

La dernière section, n° 14, sur laquelle se termine ce bobinage et la dernière paire de sections parallèles, est bobinée de sommet à sommet avec un compte de 1 à 2 à partir de F13. La figure 200 montre comment la section 14 débute dans l'encoche 14 au sommet pour se terminer au sommet de l'encoche 6. Le con-

ducteur S14 sort de la même encoche que le conducteur F2 et le conducteur F14 se trouve avec S11 dans l'encoche 6, ce qui termine la sortie des conducteurs de chaque encoche.

La section 14, figure 200, forme avec la section 11 un V dont la base se trouve dans l'encoche 11; la section 14 forme également avec la section 2 un V dont la base se trouve dans l'encoche 14. La section 14, dernière du bobinage, termine la dernière série composée de la moitié des sections, soit 7 dans le cas d'un induit à 14 encoches. Sur la figure 200, si l'on part de l'en-

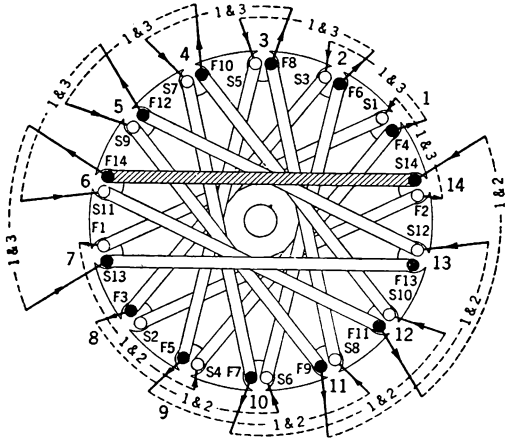


FIG. 200. — La section 14 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 14 à 6. qu'elle remplit toutes les deux et qui peuvent être calées. Notez que la section 1 forme un V avec la section 2. Notez que les sections à numéros impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11 et 13 sont d'un côté de l'arbre, tandis que les sections à numéros pairs, 2, 4, 6, 8,10,12 et 14 se trouvent de l'autre côté, la division se faisant entre les encoches 7 et 8 et entre les encoches 14 et 1, soit entre la première paire de sections parallèles. Voir figures 201, 202.

coche 14 par S14, on traverse les sections 14, 11, 10, 7, 6 et 3 pour terminer sur la section 2 en F2 à la base de l'encoche 14.

Les figures 198 et 200 montrent que le bobinage en V de base à sommet avec un nombre pair d'encoches et un pas pair, comme de 1 à 7 ou de 1 à 9, etc., se divise en deux moitiés séparées une fois le bobinage terminé.

On voit sur la figure 201 la section 14 avec ses deux attaches du côté opposé à l'induit. Les cales M et N dans les encoches 6 et 14 terminent le bobinage. Notez sur les figures 200 et 201 que la dernière section, n° 14, débute au sommet de la dernière encoche, adjacente à l'encoche 1 dans laquelle débute la section 1.

La figure 202 montre le côté collecteur du bobinage terminé.

Les deux conducteurs de la section 14 sont gainés pour faciliter leur identification et l'on peut voir F14 au sommet de l'encoche 6. Même F2 dans l'encoche 14 et F1 dans l'encoche 7 sortent au sommet des encoches. On peut ainsi voir sur la figure 202 que tous les conducteurs de sortie se trouvent au sommet de toutes les encoches, en même temps que les conducteurs d'entrée eux-

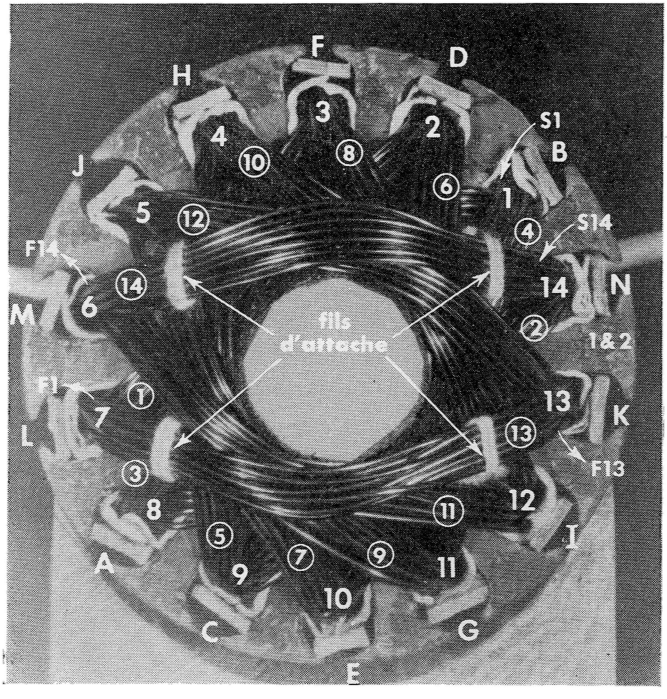


FIG. 201. — La dernière section, n° 14, est bobinée de sommet à sommet, remplissant les encoches 14 et 6, le conducteur de sortie F14 se trouvant au sommet de l'encoche 6. Le bobinage est alors terminé. Les lettres dans les encoches indiquent l'ordre de leur remplissage et de calage.

mêmes sont bien placés pour faire la mise au collecteur.

Un examen soigneux des figures et une étude sérieuse des tables permettra rapidement à chacun de bien réaliser ce type de bobinage, et les règles suivantes permettront de mieux se rappeler les principes essentiels.

Règles du bobinage de base à sommet en V. — Les règles données ci-dessous sont valables quelles que soient les combinaisons de pas de sections et d'encoches; elles ont servi à l'établissement des tables 73 à 83.

1° Le nombre d'encoches divisé par deux est égal au nombre de groupes de sections parallèles par paires.

2° Les deux premières sections, qui constituent également la première paire de sections parallèles sont bobinées de base à base d'encoches.

3° Le pas ou compte entre la fin d'une section de nombre im-

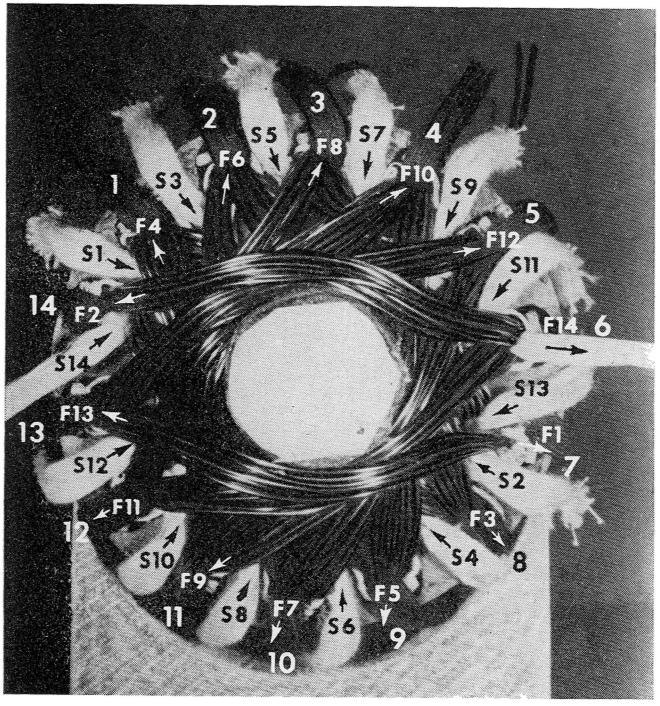


FIG. 202. — La dernière section, n° 14, remplit les encoches 14 et 6, dans lesquelles elle est bobinée de sommet à sommet. Elle achève le bobinage et la septième paire de sections ; son conducteur de sortie, F14, se trouve au sommet de l'encoche 6. Notez que tous les conducteurs de sortie se trouvent au sommet d'une encoche.

pair et le début d'une section de nombre pair est toujours de 1 à 2.

4° Le pas ou compte entre la fin de la première section d'une paire et le début de la section parallèle à cette première section est toujours de 1 à 2.

5° Le pas ou compte entre la fin d'une section de nombre pair et le début d'une section de nombre impair est toujours de 1 à 3.

6° Le pas d'encoche, c'est-à-dire le compte entre la dernière section d'un groupe de deux sections parallèles et le début de première section du groupe suivant de deux sections parallèles doit être également de 1 à 3.

7° A partir de la section 3 et pour toutes les sections suivantes, jusques et y compris l'antépénultième, toutes les sections sont bobinées de base à sommet.

8° Toutes les sections bobinées de base à sommet finissent de remplir une encoche qui doit être calée au fur et à mesure que le bobinage progresse.

9° Les deux dernières sections qui forment le dernier groupe de sections parallèles doivent toujours être bobinées de sommet à sommet.

10° Les conducteurs F1 et F2 se trouvent dans les encoches où commence le dernier groupe de deux sections parallèles. La dernière section, quel que soit le bobinage, commence toujours dans l'encoche d'où sort le conducteur F2.

11° Une section de nombre impair forme toujours un V avec la section précédente de nombre pair, la base du V se trouvant au sommet de l'encoche dans laquelle se termine la section de nombre impair. Les deux branches de ce V seront espacées d'un compte de 1 à 3 entre la fin et le début de ces deux sections (voir figures 191, 193, 195).

12° Un groupe de deux sections parallèles commence toujours par une section de nombre impair.

13° Un groupe de deux sections parallèles se termine toujours par une section de nombre pair.

14° Quand le pas de section est pair, par exemple de 1 à 7, ou quand la dernière section de la première moitié du bobinage est impair (par exemple n° 7, figure 191), le bobinage peut, une fois terminé, se diviser en deux moitiés distinctes, comme on peut le voir figure 200.

15° Quand le pas de section est impair, par exemple de 1 à 6, ou quand la dernière section de la première moitié du bobinage porte un nombre pair, comme 6, 8, etc., le bobinage terminé est continu (voir chapitre XVII). En commençant par le conducteur de départ de la dernière section, on aboutit à F2 après avoir traversé toutes les sections, et F2 doit se trouver dans l'encoche de départ.

On peut voir d'après les règles 14 et 15 qu'il est possible d'utiliser un compte de 1 à 2 ou de 1 à 3 entre les sections, que leur pas soit pair ou impair mais, qu'en conséquence, le bobinage doit une fois terminé se diviser en deux moitiés ou être continu suivant le pas de section.

Pour achever l'exposé complet de ce mode de bobinage, le chapitre XVII traitera d'un bobinage au tour à pas à gauche, illustré par le bobinage d'un induit à 12 encoches avec un pas de section impair de 1 à 6, soit 5, dont la table de bobinage porte le n° 78.

TABLE 73

Enroulements à boucle en V de base à sommet, 14 encoches, pas pair de 1 à 7

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	7	Base	Base
2	8	14	»	»
3	2	8	»	Sommet
4	9	1	»	»
5	3	9	»	»
6	10	2	»	»
7	4	10	»	»
8	11	3	»	»
9	5	11	»	»
10	12	4	»	»
11	6	12	»	»
12	13	5	»	»
13	7	13	Sommet	»
14	14	6	»	»

TABLE 74

Enroulement à boucle en V de base à sommet, 18 encoches, pas pair, de 1 à 9

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	9	Base	Base
2	10	18	»	»
3	2	10	»	Sommet
4	11	1	»	»
5	3	11	»	»
6	12	2	»	»
7	4	12	»	»
8	13	3	»	»
9	5	13	»	»
10	14	4	»	»
11	6	14	»	»
12	15	5	»	»
13	7	15	»	»
14	16	6	»	»
15	8	16	»	»
16	17	7	»	»
17	9	17	Sommet	»
18	18	8	»	»

TABLE 75

Enroulement à boucle en V
de base à sommet, 22 encoches,
pas pair de 1 à 11

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	1	11	Base	Base
2	12	22	»	»
3	2	12	»	Sommet
4	13	1	»	»
5	3	13	»	»
6	14	2	»	»
7	4	14	»	»
8	15	3	»	»
9	5	15	»	»
10	16	4	»	»
11	6	16	»	»
12	17	5	»	»
13	7	17	»	»
14	18	6	»	»
15	8	18	»	»
16	19	7	»	»
17	9	19	»	»
18	20	8	»	»
19	10	20	»	»
20	21	9	»	»
21	11	21	Sommet	»
22	22	10	»	»

TABLE 76

Enroulement à boucle en V,
de base à sommet, 26 encoches,
pas pair de 1 à 13

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	1	13	Base	Base
2	14	26	»	»
3	2	14	»	Sommet
4	15	1	»	»
5	3	15	»	»
6	16	2	»	»
7	4	16	»	»
8	17	3	»	»
9	5	17	»	»
10	18	4	»	»
11	6	18	»	»
12	19	5	»	»
13	7	19	»	»
14	20	6	»	»
15	8	20	»	»
16	21	7	»	»
17	9	21	»	»
18	22	8	»	»
19	10	22	»	»
20	23	9	»	»
21	11	23	»	»
22	24	10	»	»
23	12	24	»	»
24	25	11	»	»
25	13	25	Sommet	»
26	26	12	»	»

TABLE 77

Enroulement à boucle en V,
de base à sommet, 30 encoches,
pas pair de 1 à 15

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	15	Base	Base
2	16	30	»	»
3	2	16	»	Sommet
4	17	1	»	»
5	3	17	»	»
6	18	2	»	»
7	4	18	»	»
8	19	3	»	»
9	5	19	»	»
10	20	4	»	»
11	6	20	»	»
12	21	5	»	»
13	7	21	»	»
14	22	6	»	»
15	8	22	»	»
16	23	7	»	»
17	9	23	»	»
18	24	8	»	»
19	10	24	»	»
20	25	9	»	»
21	11	25	»	»
22	26	10	»	»
23	12	26	»	»
24	27	11	»	»
25	13	27	»	»
26	28	12	»	»
27	14	28	»	»
28	29	13	»	»
29	15	29	Sommet	»
30	30	14	»	Sommet

CHAPITRE XVII

BOBINAGE EN V CONTINU, DE BASE A SOMMET POUR NOMBRE D'ENCOCHES PAIR ET PAS IMPAIR

Le chapitre XVI traitait de l'utilisation de ce mode de bobinage dans le cas d'un pas de section pair et il était illustré par le rebobinage d'un induit à la main, avec un pas à droite. Par suite du grand nombre d'induits qu'il est possible de rebobiner suivant cette méthode, nous avons rédigé ce chapitre dans le but de traiter le cas du rebobinage d'un induit à pas à gauche exécuté au tour, avec pas de section impair. Il en résulte que tous les types d'induits qui peuvent être bobinés suivant cette méthode seront décrits en détail, y compris les schémas de bobinage et les tables.

Nous donnons six tables avec ce chapitre (tables 78 à 83), qui traitent des induits à 12, 16, 20, 24, 28 et 32 encoches, avec pas de section impair. La table 78 est celle qui donne le bobinage d'un induit à 12 encoches, illustré par les schémas de bobinage.

Les règles données au chapitre XVI sont également valables dans le cas d'un bobinage à pas de section impair. Le bobinage d'un induit à 12 encoches comporte six groupes de sections parallèles. Nous traiterons de ce bobinage groupe après groupe.

Groupe 1. Sections 1 et 2. — Comme ce bobinage est à pas à gauche, bobiné au tour, on peut considérer que les figures 205 à 207 montrent les différentes vues des quatre premières sections en position sur l'induit. Les sections sont représentées en position verticale à droite de la figure et de l'arbre. La dernière section mise en place est donnée en traits pleins horizontaux.

La figure 203 montre la première section, n° 1, bobinée de base à base dans les encoches 1 et 6. Repérez le conducteur F1 pour pouvoir identifier chaque phase du bobinage sans difficultés.

Le compte de 1 à 2 entre encoches est utilisé entre la fin d'une section de nombre impair et le début d'une section de numéro pair. Il en résulte que, d'après la table 78, la figure 203 repré-

sente la section 2 bobinée de base à base de l'encoche 7 à l'encoche 12. Pour les raisons données précédemment, il faut également repérer le conducteur F2.

La petite flèche A de la figure 203 indique la direction dans laquelle on a fait tourner l'induit dans le support pour mettre en position de bobinage les encoches 7 et 12, qui reçoivent la section 2. Les sections 1 et 2, bobinées comme le montre la figure 203, constituent la première paire, ou premier groupe de

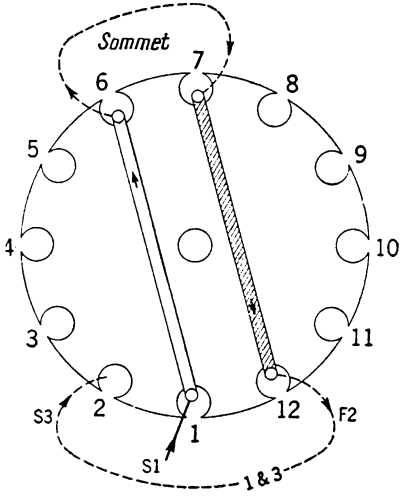


FIG. 203. — La section 2 va de la base de l'encoche 7 à la base de l'encoche 12. Elle termine la première paire de sections parallèles.

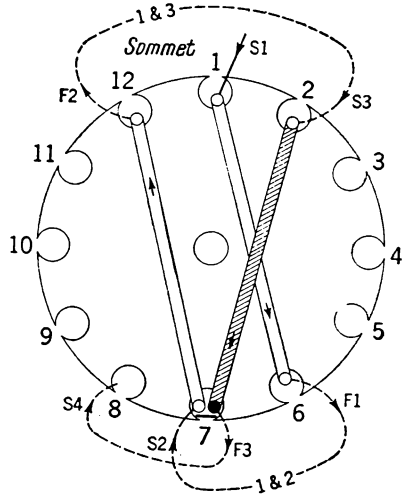


FIG. 204. — La section 3 est bobinée de la base de l'encoche 2 au sommet de l'encoche 7 qu'elle remplit et qui peut être calée. Les ronds noirs indiquent les demi-sections supérieures, les ronds blancs les demi-sections inférieures ; en allant d'un rond blanc à un rond noir, on va de base à sommet d'encoche.

sections, après lesquelles on peut commencer la mise en place du second groupe.

Groupe 2. Sections 3 et 4. — Les règles qui régissent l'exécution de ce bobinage, ainsi que la table 78, montrent que la troisième section commence le bobinage de base à sommet, ce qui remplit l'encoche dans laquelle chaque section se termine : on peut ainsi caler au fur et à mesure que le bobinage progresse. La figure 204 montre la section 3 bobinée de base à sommet dans les encoches 2 et 7; cette dernière encoche se trouve

remplie et il est possible de la caler. La section 3 forme avec la section 2 un V dont la base se trouve dans l'encoche 7. Il en résulte que dans le cas d'un induit à 12 encoches, l'encoche 7, ou l'encoche dans laquelle débute la deuxième section, est toujours la première encoche remplie et calée.

Les schémas de bobinage du chapitre XVI utilisent un cercle en blanc pour désigner une demi section de fond d'encoche et un cercle noir pour désigner une demi section de sommet d'encoche. Ainsi, la section 3 de la figure 204 comporte un cercle blanc dans l'encoche 2 et un cercle noir dans l'encoche 7.

La section 4 achève le second groupe de sections parallèles et doit débuter dans une encoche après un compte de 1 à 2 telle qu'elle soit parallèle et de l'autre côté de l'arbre par rapport à la section 3.

En fait, on ne numérote pas les encoches lorsque l'on fait un bobinage. Par suite, il faut que chacun adopte un mode de déplacement de l'induit qui permette la mise en place des sections dans l'ordre voulu. Les habitudes de bobinages varient suivant les modes de bobinage et suivant les bobineurs. Les règles et schémas donnés dans ce chapitre permettent à chacun de prendre les meilleures habitudes possibles. Les figures 204 et 205 vont être utilisées pour montrer comment prendre des points de repère.

La figure 204 représente la section 3 vue du côté opposé au collecteur. L'induit se trouvera alors dans la position (A), figure 205, lors du calage de l'encoche 7, les conducteurs non coupés se trouvant en D. Après calage de l'encoche 7, on peut couper les conducteurs. Les règles et les principes de ce bobinage montrent que la section 4 a un pas de 1 à 2 à partir de F3, et qu'elle est bobinée de base à sommet parallèlement à la section 3. Par suite, sur la figure 204, l'induit doit être tourné de telle sorte que la section 4 puisse débuter dans l'encoche immédiatement à gauche de celle dans laquelle la section 3 se termine.

On peut y arriver en faisant en premier lieu tourner le tour dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'au moment où l'encoche de départ de la section 3 se trouve au sommet, comme en A et B, figure 205. Cette figure est la même que la figure 204, côté opposé au collecteur. Le stade suivant consiste à mettre en place l'encoche vide suivant celle dans laquelle se termine la section 3, pour commencer la section suivante. On le fait par déplacement de l'induit dans son support de bobinage en sens inverse des aiguilles d'une montre, comme le montre la flèche D

de la figure 206, jusqu'au moment où l'encoche vide et l'encoche à demi remplie se trouvent suivant la ligne A et B, figure 207.

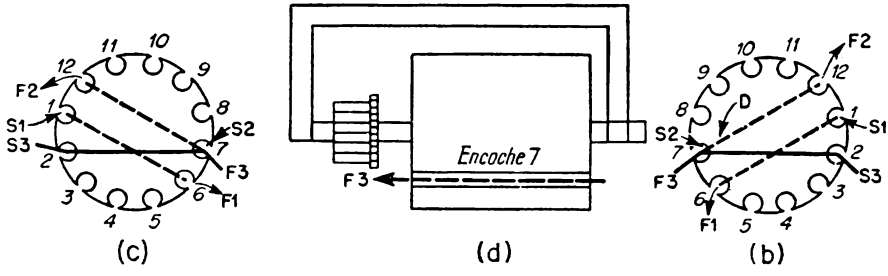


FIG. 205.

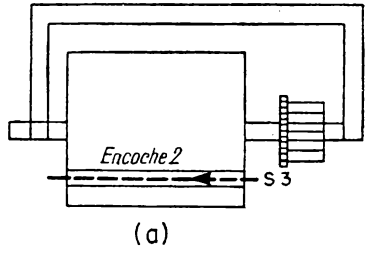


FIG. 206.

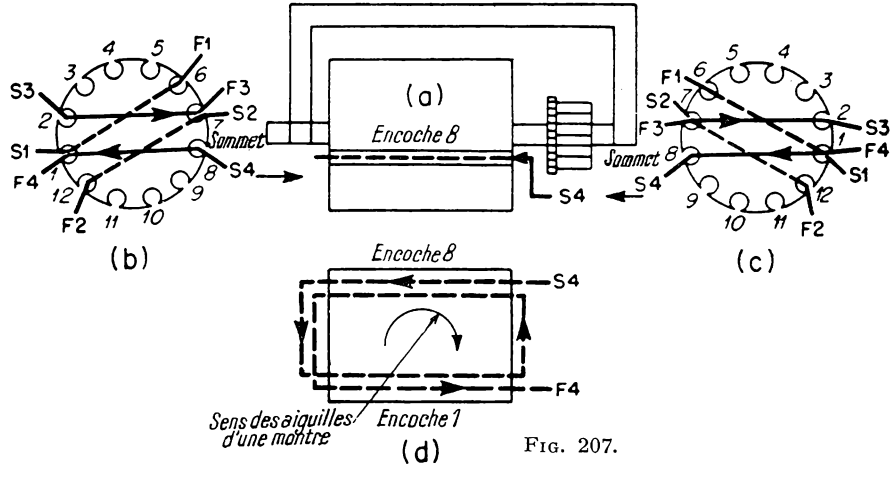


FIG. 207.

FIG. 205-207. — Les sections 3 et 4 sont bobinées sur l'induit, qui a été monté sur la machine à bobiner.

Les figures 207 et 208 montrent la section 4 bobinée de base à sommet parallèlement à la section 3, dans les encoches 8 et 1,

ce qui remplit l'encoche 1 que l'on peut caler; on a ainsi terminé le second groupe de sections parallèles.

Groupe 3. Sections 5 et 6. — Le stade suivant consiste à mettre l'induit en position de bobinage pour la section 5, en amenant la fin de la section 4 dans la même position que la section 3, figure 205 A. On cale l'encoche 1 et l'on fait tourner le tour jusqu'au moment où le côté opposé au collecteur se trouve dans la même position que sur la figure 208.

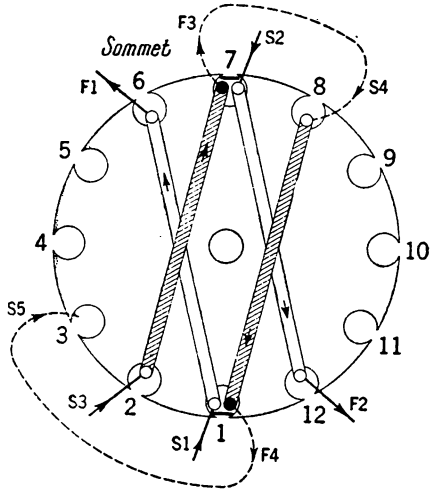


FIG. 208. — La section 4 est bobinée de base à sommet dans les encoches 8 à 1 qu'elle remplit et qui peut être calée.

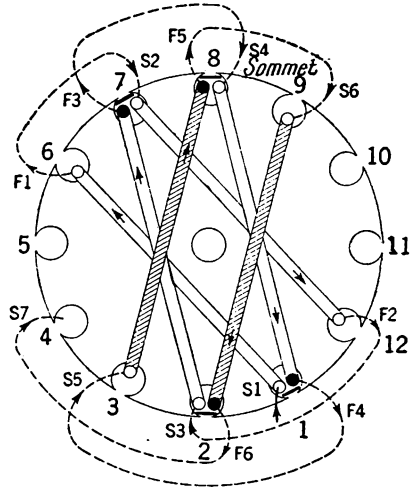


FIG. 209. — La section 6 est bobinée de base à sommet dans les encoches 9 à 2 qu'elle remplit et qui peut être calée.

Les règles et principes de ce type de bobinage signalent alors qu'entre des paires de sections parallèles, ou qu'entre la fin d'une section de numéro pair et une section de numéro impair, le compte est de 1 à 3. La section doit être bobinée de base à sommet, elle forme un V avec la section précédente, V dont la base se trouve au sommet de l'encoche dans laquelle commençait la section précédente du numéro pair.

La ligne pointillée de F4, figure 208, à S5 montre où débute la section 5. Nous faisons tourner l'induit en sens inverse des aiguilles d'une montre suivant la direction indiquée par la flèche D, figure 208, jusqu'au moment où la ligne des encoches destinées à recevoir la section 5 soit en bonne position, figure 209.

On voit ainsi qu'en mettant au sommet de l'induit l'encoche

dans laquelle se termine la dernière section mise en place, le collecteur se trouvant du côté du bobineur, l'encoche de départ de la section suivante dans le cas d'un bobinage au tour à pas à gauche se trouve à gauche après un compte de 1 à 2 entre sections d'un groupe de sections parallèles et après un compte de 1 à 3 entre la dernière section d'un groupe de sections parallèles et la première du groupe suivant. Il ne faut pas non plus oublier que chaque section est bobinée du côté opposé de l'arbre par rapport à la précédente, et que toutes les sections, sauf les deux dernières, commencent dans une encoche vide.

La figure 209 montre la section 5 bobinée de base à sommet de l'encoche 3 à l'encoche 8, cette dernière se trouvant remplie et prête à caler; la section 6 est bobinée de base à sommet de l'encoche 9 à l'encoche 2, qui se trouve remplie et calée.

On peut voir sur les tables 78 à 83 que, dans le cas des bobinages à pas de section impair, la première moitié du bobinage se termine dans une encoche de numéro pair. La première moitié se termine avec la fin d'un groupe de deux sections parallèles.

La première moitié d'un bobinage d'induit de 12 encoches avec un pas impair de 1 à 6 se termine dans l'encoche 6, dans laquelle se termine également le troisième groupe de deux sections parallèles.

Groupe 4. Sections 7 et 8. — La section 7 débute le quatrième groupe de sections parallèles, comme on peut le voir sur la figure 210; elle est bobinée de base à sommet de l'encoche 4 à l'encoche 9 qui peut alors être calée. La section 8, après un compte de 1 à 2 à partir de l'encoche contenant F7, est bobinée de base à sommet de l'encoche 10 à l'encoche 3 qu'elle remplit. A la fin de la section 8, il reste deux encoches vides situées de part et d'autre de l'arbre.

Cette remarque montre qu'il reste encore quatre sections à bobiner, soit deux groupes de deux sections parallèles et que, seules, deux sections peuvent encore être bobinées de base à sommet.

Groupe 5. Sections 9 et 10. — La section 9 débute le cinquième groupe; elle commence dans l'encoche 5, à la base, pour se terminer au sommet de l'encoche 10 qu'elle remplit et qu'il est possible de caler, comme on peut le voir figure 211. La section 10 est également bobinée de base à sommet dans les encoches 11 à 4. Ainsi, quand l'encoche 4 est remplie et calée, il ne reste plus que quatre encoches à demi remplies, ce qui indique

qu'il n'y a plus que deux sections à bobiner pour terminer le bobinage.

Groupe 6. Sections 11 et 12. — Dans le cas d'un induit à 12 encoches, avec un pas de section de 1 à 6, le sixième groupe achève le bobinage. La table 78 ainsi que les tables 79 à 83 montrent que les deux dernières sections sont bobinées de sommet à sommet.

Les conducteurs F1 et F2 marquent toujours les encoches dans lesquelles doivent commencer les deux dernières sections. La

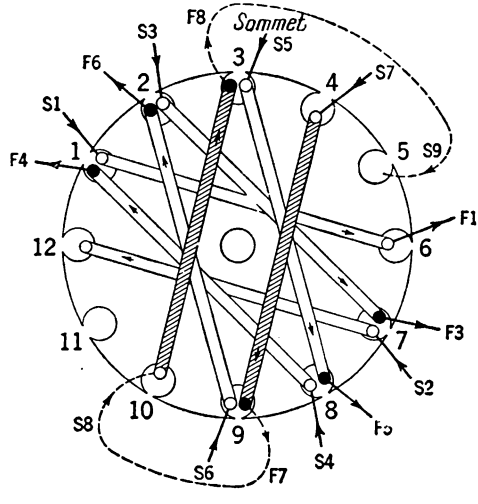


FIG. 210. — Sections 7 et 8. La section 7 est bobinée de base à sommet dans les encoches 4 à 9. La section 8 de base à sommet dans les encoches 10 à 3. On peut alors caler les encoches 9 et 3. Mise en place de la quatrième paire de sections parallèles.

figure 211 montre que F1 se trouve dans l'encoche 6, qui est également l'encoche de départ de la section 11. On voit sur cette figure la section 11 bobinée de sommet à sommet dans les encoches 6 à 11. Il faut caler d'abord l'encoche 6 puis l'encoche 11. De cette façon, il est possible d'utiliser la méthode d'identification pour déterminer l'encoche de départ de la section 12. La figure 211 montre la section 12 bobinée de sommet à sommet en partant dans l'encoche 12, au-dessus du conducteur F2, pour se terminer dans l'encoche 5; toutes les encoches sont remplies, il reste à caler les encoches 12 et 5 et le bobinage est terminé; il ne reste plus qu'à faire la mise au collecteur.

Les règles indiquent que le bobinage d'un induit de base à som-

met en V avec un pas de section impair forme un enroulement continu une fois terminé. On peut vérifier cette affirmation sur la figure 211 en partant du conducteur F12; on traverse les sections 12, 2, 3, 6, 7, 10, 11, 1, 4, 5, 8 et 9, puis le conducteur S9 se trouve dans la même encoche que F12. On peut également partir du conducteur S1 pour traverser les sections 1, 11, 10, 7, 6, 3, 2,

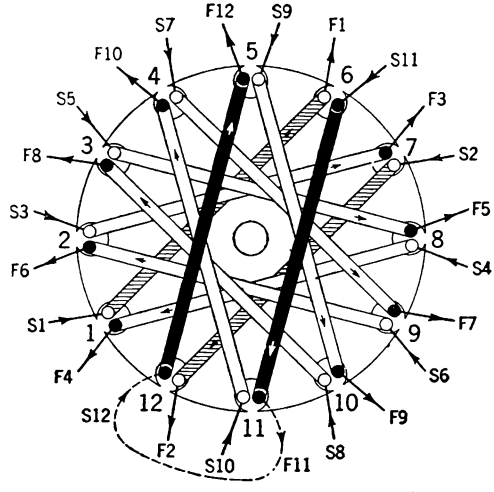


FIG. 211. — Les deux dernières sections, nos 11 et 12 sont bobinées de sommet à sommet, la section 11 dans les encoches 6 et 11, la section 12 dans les encoches 12 et 5. Les deux premières sections sont bobinées de base à base.

12, 9, 8, 5 et 4, le conducteur F4 se trouvant dans la même encoche que le conducteur S1. En opérant suivant cet ordre, on traverse les sections dans le sens indiqué par les flèches disposées sur chaque section.

Les tables, schémas de bobinage et les photographies des chapitres XVI et XVII doivent permettre à tout bobineur de bien posséder ce type de bobinage qui peut être utilisé en remplacement de nombreux types de bobinages de moteurs bipolaires du type ondulé.

TABLE 78

12 encoches, pas impair de 1 à 6
Enroulement divisé en V,
de base à sommet

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	6	Base	Base
2	7	12	»	»
x——x				
3	2	7	Base	Sommet
4	8	1	»	»
x——x				
5	3	8	»	»
6	9	2	»	»
7	4	9	»	»
8	10	3	»	»
9	5	10	»	»
10	11	4	»	»
11	6	11	Sommet	Sommet
12	12	5	»	»

La ligne *x*—*x* marque la séparation des paires de sections parallèles. Les sections sont divisées en trois groupes : de base à base, de base à sommet, de sommet à s mme

TABLE 79

16 encoches, pas impair de 1 à 8
Bobinage divisé en V,
de base à sommet

Section N°	Encoche n°		Bobinée	
	de	à	de	à
1	1	8	Base	Base
2	9	16	»	»
3	2	9	Base	Sommet
4	10	1	»	»
5	3	10	»	»
6	11	2	»	»
7	4	11	»	»
8	12	3	»	»
9	5	12	»	»
10	13	4	»	»
11	6	13	»	»
12	14	5	»	»
13	7	14	»	»
14	15	6	»	»
15	8	15	Sommet	»
16	16	7	»	»

TABLE 80

20 encoches, pas impair de 1 à 10
Enroulement séparé en V
de base à sommet

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	10	Base	Base
2	11	20	»	»
3	2	11	Base	Sommet
4	12	1	»	»
5	3	12	»	»
6	13	2	»	»
7	4	13	»	»
8	14	3	»	»
9	5	14	»	»
10	15	4	»	»
11	6	15	»	»
12	16	5	»	»
13	7	16	»	»
14	17	6	»	»
15	8	17	»	»
16	18	7	»	»
17	9	18	»	»
18	19	8	»	»
19	10	19	Sommet	Sommet
20	20	9	»	»

TABLE 81

24 encoches, pas impair de 1 à 12
Enroulement séparé en V,
de base à sommet

Section	Encoche n°		Bobinée	
N°	de	à	de	à
1	1	12	Base	Base
2	13	24	»	»
3	2	13	Base	Sommet
4	14	1	»	»
5	3	14	»	»
6	15	2	»	»
7	4	15	»	»
8	16	3	»	»
9	5	16	»	»
10	17	4	»	»
11	6	17	»	»
12	18	5	»	»
13	7	18	»	»
14	19	6	»	»
15	8	19	»	»
16	20	7	»	»
17	9	20	»	»
18	21	8	»	»
19	10	21	»	»
20	22	9	»	»
21	11	22	»	»
22	23	10	»	»
23	12	23	Sommet	Sommet
24	24	11	»	»

TABLE 82
28 encoches, pas impair de 1 à 14
Enroulement séparé en V,
de base à sommet

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	1	14	Base	Base
2	15	28	»	»
3	2	15	Base	Sommet
4	16	1	»	»
5	3	16	»	»
6	17	2	»	»
7	4	17	»	»
8	18	3	»	»
9	5	18	»	»
10	19	4	»	»
11	6	19	»	»
12	20	5	»	»
13	7	20	»	»
14	21	6	»	»
15	8	21	»	»
16	22	7	»	»
17	9	22	»	»
18	23	8	»	»
19	10	23	»	»
20	24	9	»	»
21	11	24	»	»
22	25	10	»	»
23	12	25	»	»
24	26	11	»	»
25	13	26	»	»
26	27	12	»	»
27	14	27	Sommet	Sommet
28	28	13	»	»

TABLE 83
32 encoches, pas impair de 1 à 16
Enroulement séparé en V,
de base à sommet

Section N°	Encoche n° de	Encoche n° à	Bobinée de	Bobinée à
1	1	16	Base	Base
2	17	32	»	»
3	2	17	Base	Sommet
4	18	1	»	»
5	3	18	»	»
6	19	2	»	»
7	4	19	»	»
8	20	3	»	»
9	5	20	»	»
10	21	4	»	»
11	6	21	»	»
12	22	5	»	»
13	7	22	»	»
14	23	6	»	»
15	8	23	»	»
16	24	7	»	»
17	9	24	»	»
18	25	8	»	»
19	10	25	»	»
20	26	9	»	»
21	11	26	»	»
22	27	10	»	»
23	12	27	»	»
24	28	11	»	»
25	13	28	»	»
26	29	12	»	»
27	14	29	»	»
28	30	13	»	»
29	15	30	»	»
30	31	14	»	»
31	16	31	Sommet	Sommet
32	32	15	»	»

CHAPITRE XVIII

COMMENT DÉTERMINER LA POSITION DU COLLECTEUR SUR L'ARBRE

On peut, pour déterminer la position du collecteur sur l'arbre, quand les balais sont sur la ligne des pôles, utiliser les formules suivantes :

1° Si pb/s est impair, l'axe de l'encoche doit tomber en face de l'axe d'un mica.

2° Si pb/s est pair, l'axe de l'encoche doit tomber en face de l'axe d'une lame.

Dans ces formules, p est le pas de bobinage, b est le nombre de lames du collecteur et s est le nombre d'encoches.

Le bobinage et la mise au collecteur représentés sur la figure 212 A se nomment « bobiné à pas normal et connecté à mi-induit ». Un pas inférieur au pas diamétral avec les balais sur la ligne des pôles est représenté sur la figure 212, en B. Quand une section est en position de commutation, elle se trouve comme indiqué sur la figure, c'est-à-dire parallèle à l'axe horizontal de l'arbre. Les liaisons sections-collecteur sont indiquées sur la partie inférieure du schéma B. Ce montage se nomme « bobiné à pas cordé et connecté à mi-induit ». La position du collecteur par rapport aux encoches est déterminée, comme précédemment, en appliquant la formule pb/s, etc.

Position du collecteur pour un bobinage à pas diamétral. — Un bobinage à pas diamétral avec les balais sur la ligne neutre est représenté sur la figure 212 C. Les liaisons au collecteur sont représentées à la partie inférieure du schéma C. Un tel montage se nomme « Bobiné à mi-induit et connecté tout droit ». Les conducteurs sont reliés aux lames situées directement en face des encoches.

La position du collecteur dans un moteur dont les balais sont sur la ligne neutre est déterminée par la formule ci-dessous :

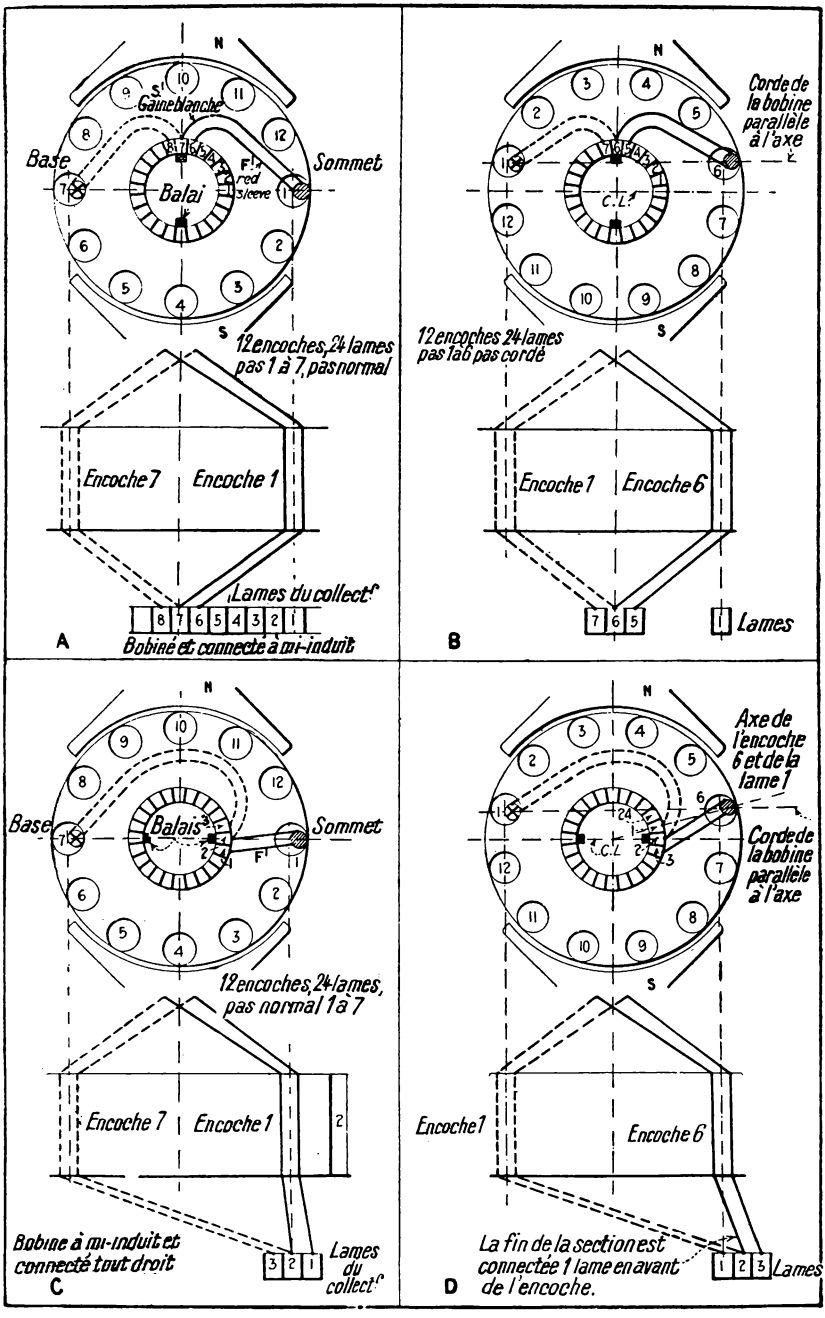


FIG. 212. — Mise au collecteur suivant la position des balais. Avant de débobiner un induit, il faut en prendre un croquis montrant le mode de bobinage utilisé.

A : bobinage à pas diamétral et balais suivant l'axe des pôles.
B : bobinage à corde et balais suivant l'axe des pôles.
C : bobinage à pas diamétral et balais sur la ligne neutre.
D : bobinage à corde et balais sur la ligne neutre.

Si (f + p) × (b/s) est un nombre impair, l'axe d'une encoche doit se trouver en face de l'axe d'un mica. Si le nombre obtenu est impair, l'axe de l'encoche doit se trouver en face de l'axe d'une lame.

Dans cette formule, *f* est égal au pas diamétral, *p* est égal au pas utilisé, *b* est égal au nombre de lames du collecteur et *s* est égal au nombre d'encoches.

Position du collecteur pour un bobinage à pas inférieur au pas diamétral. — Un bobinage à pas inférieur au pas diamétral avec les balais sur la ligne neutre est représenté en D, figure 212. Le croquis supérieur de cette figure représente la section en position correcte de commutation. Pour relier cette section aux lames qui se trouvent en contact avec un balai, il est nécessaire de décaler légèrement les conducteurs, comme on peut le voir sur le schéma. Cette remarque est très importante. En reliant au collecteur ou en relevant les données d'un induit de ce type, il est essentiel de ne pas commettre d'erreur. Si, par erreur, la section est reliée aux lames 24, 1 et 2, quand l'encoche 6 est dans la région neutre et la lame 1 en contact avec le balai, la partie inférieure de la section dans l'encoche 6 se trouve sous un pôle, dans un champ magnétique, ce qui se traduit par des étincelles aux balais et un échauffement de l'induit. On peut utiliser la formule précédente pour disposer le collecteur dans la position correcte.

Dans certains cas de mauvaise liaison au collecteur, c'est-à-dire quand il y a décalage arrière des conducteurs, les deux moitiés de la section sont sous un pôle, l'une sous un pôle N et l'autre sous un pôle S, et le moteur tend à tourner, puis il s'immobilise. Ceci provient des balais qui court-circuitent une section active. Les remarques précédentes s'appliquent également aux autres modes de connexion.

Recherche de la position du collecteur avec l'induit dans le moteur. — Ces exemples et la figure 212 sont donnés pour permettre au bobineur de vérifier ses données tout en comprenant le principe de la mise au collecteur. Quand il y a doute, avant de faire les liaisons au collecteur, on peut disposer l'induit dans le champ magnétique, puis le tourner jusqu'au moment où la section considérée se trouve dans la position de commutation correcte, qui doit être l'axe de la ligne neutre pour un bobinage à pas diamétral, comme on peut le voir en A et C, figure 212.

Avec un bobinage dont le pas est inférieur au pas diamétral, les axes des encoches renfermant chaque demi-section de la section considérée doivent être parallèles à la ligne neutre, comme on peut le voir sur la figure 212, B et D. Quand la section se trouve dans la position correcte, notez quelle lame se trouve en contact avec un balai, marquez cette lame et amenez les conducteurs de la section à cette lame, qui devient un « centre », cas de la lame 2 sur la figure 212 D. Un bobinage en boucles bobiné convenablement est très facile à mettre au collecteur, car tous les conducteurs se présentent en une couche. Les conducteurs peuvent être amenés au collecteur dans n'importe quelle position pour se conformer à l'emplacement des balais.

Distance entre collecteur et tôles d'induit. — Il est important de noter la position du collecteur par rapport aux tôles de l'induit avant de le démonter pour le réparer ou pour le changer. Si le collecteur est mis en place à la presse trop près de l'induit, il y a un jeu trop grand sur l'arbre, réduction de l'emplacement réservé aux chignons, les balais ne porteront pas en totalité du collecteur, et ce dernier usera irrégulièrement les balais.

Alignement des encoches ou des dents de l'induit sur les micas ou sur les lames du collecteur. — L'alignement des encoches ou des dents de l'induit sur les micas ou lames du collecteur obéit aux règles suivantes, quel que soit le type de l'induit.

1° Avec un pas de section pair et un pas de conducteur pair, l'axe d'une dent se trouvera sur le même alignement qu'un mica.

2° Avec un pas de section impair et un pas de conducteur impair, l'axe d'une encoche se trouvera sur le même alignement qu'une lame.

3° Avec un pas de section pair et un pas de conducteur impair, l'axe d'une dent se trouvera sur le même alignement qu'une lame.

4° Avec un pas de section impair et un pas de conducteur pair, l'axe d'une encoche se trouvera sur le même alignement qu'un mica.

Les règles précédentes sont valables quand on utilise comme origine l'axe d'une section d'induit. Quand le pas de section est impair, l'axe d'une section tombe sur l'axe d'une encoche. Quand le pas de section est pair, l'axe d'une section tombe sur l'axe d'une dent.

Dans les moteurs modernes à grande vitesse, l'alignement d'une lame ou d'un mica par rapport à l'axe d'une section est très critique, et il ne doit pas y avoir décalage supérieur à la demi-épaisseur d'un mica. Par suite, il faut prendre un soin extrême lors du pressage du collecteur sur l'arbre pour qu'il n'y ait pas décalage accidentel avant le pressage définitif.

CHAPITRE XIX

MISE AU COLLECTEUR DES INDUITS BOBINÉS A LA MAIN

Le branchement des sections au collecteur est une étape importante dans le rebobinage de tout induit. Une étude attentive des chapitres II, XVIII et XX, en liaison avec le présent, sera d'une aide considérable pour bien comprendre le processus de la mise au collecteur des petits induits bobinés à la main ou à

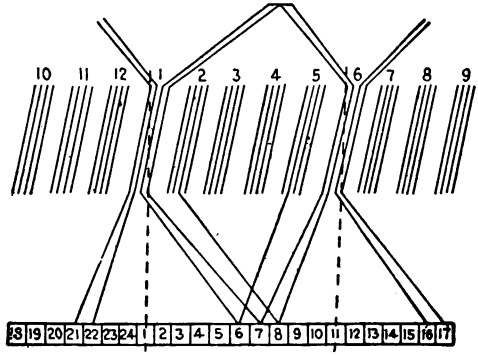


FIG. 213. — Schéma simple de travail pour connecter les sections au collecteur.

En appelant n° 1 une encoche quelconque, la lame n° 1 sera celle située dans l'axe de cette encoche, comme l'indique ci-dessus la ligne pointillée qui passe par l'axe de l'encoche et la lame.

la machine. Dans ce chapitre, on a repris les points les plus particuliers et les plus importants qu'il faut respecter lors de la mise au collecteur des bobinages décrits aux chapitres précédents. En observant ces points, on évite les fautes qui gâchent invariablement un bobinage bien exécuté. La figure 213 représente un schéma de connexion pour un induit 12 encoches et collecteur 24 lames. Ce schéma indique la façon correcte dont les sections élémentaires sont branchées à la suite l'une de l'autre. Notez que la dernière section de l'encoche 5 est montée en série avec la

première de l'encoche adjacente 6, et ainsi de suite. Remarquez également que les conducteurs d'entrée et de sortie de la section totalement représentée sont ramenés vers le centre de cette section.

Tout le problème de la mise au collecteur revient à situer convenablement les côtés actifs d'une section dans le champ de commutation, puis à amener les conducteurs de cette section aux lames du collecteur qui se trouvent en contact avec les balais; il faut également prendre dans l'ordre voulu chaque section élémentaire, comme le montre la figure 213.

Avec les petits induits bobinés à la main ou à la machine, on devra adopter un système standard de repérage des connexions, auquel il faudra soigneusement se tenir. Ce repérage se fera à l'aide de gaines de différentes couleurs, ou au moyen de fils de différentes couleurs. On économisera ainsi du temps tout en rendant plus sûr la mise au collecteur.

Gainage des connexions d'enroulements à boucles. — Les gaines ne sont pas nécessaires sur les enroulements à boucles de moteurs ayant le même nombre d'encoches que de lames au collecteur jusqu'à 1/6 de CV. Au-dessus de cette puissance, il faut disposer une gaine blanche sur toutes les boucles. Quand le nombre de lames est le double de celui d'encoches, il y aura deux boucles par encoche; on dispose dans ce cas une gaine blanche sur la première boucle et une gaine rouge sur la seconde, et ainsi de suite. Les boucles sont reliées au collecteur dans l'ordre : blanche, rouge, blanche, etc.

Quand il y a trois fois plus de lames que d'encoches, il y aura trois boucles par encoche. On dispose dans ce cas une gaine blanche sur la première boucle, une gaine rouge sur la seconde et une gaine noire sur la troisième; la mise au collecteur se fait dans l'ordre suivant : blanche, rouge, noire, blanche, rouge, etc.

Ces indications ne sont valables que lors du bobinage avec un seul fil en main, fil qui n'est pas coupé avant le bobinage de la dernière section.

Gainage des connexions quand le bobinage est exécuté avec plusieurs conducteurs en parallèle simultanément. — Quand on bobine un induit avec un nombre de fils en main égal au rapport nombre de lames au collecteur-encoches, il faut utiliser une gaine blanche pour les conducteurs de départ, ou inférieurs. Pour les induits de moteurs de ventilateurs ou autres dont la puissance est inférieure à 1/6 de CV, les gaines ne sont pas nécessaires

sur les conducteurs de sortie, ou supérieurs. Les conducteurs de sortie des sections d'induit de puissance supérieure recevront une gaine rouge; il faut que la gaine utilisée soit de diamètre suffisant pour que les fils y entrent facilement. Il faut de plus que les fils restent libres dans les gaines, sans quoi il est difficile de faire glisser les fils les uns par rapport aux autres lors de la mise au collecteur des conducteurs de sortie des sections. Une gaine trop étroite est également plus longue à mettre en place sur les fils.

Position des balais dans les bobinages à pas diamétral ou inférieur au pas diamétral. — La plupart des moteurs ont leurs balais calés suivant la ligne des pôles ou la ligne neutre. Dans quelques rares cas particuliers, les balais sont décalés en avance ou en arrière pour amener une partie de la section en commutation dans un champ magnétique plus faible. La figure 212, chapitre XVIII, montre les combinaisons les plus courantes :

1° Pas diamétral avec les balais sur la ligne des pôles (figure 212 A, chapitre XVIII).

2° Pas inférieur au pas diamétral avec les balais sur la ligne des pôles (figure 212 B, chapitre XVIII).

3° Pas diamétral avec les balais sur la ligne neutre (figure 212 C, chapitre XVIII).

4° Pas inférieur au pas diamétral avec les balais sur la ligne neutre (figure 212 D, chapitre XVIII).

En A, figure 212, on voit la section 1 en commutation, tandis que les conducteurs sont ramenés dans l'axe de la section. La partie inférieure du schéma A montre la même section reliée au collecteur. On notera qu'il y a deux sections par encoche et que trois lames sont reliées aux quatre conducteurs de ces deux sections. Les deux conducteurs de base, ou d'entrée, sont reliés aux lames 8 et 7, tandis que les deux conducteurs de sortie, ou supérieurs, sont reliés aux lames 7 et 6. La lame 7 comporte un conducteur d'entrée et un conducteur de sortie. Une telle mise au collecteur met les deux sections en série. De même, une section par encoche utilisera deux lames; trois sections quatre lames; quatre sections cinq lames, etc.

Vide compris entre le collecteur et le chignon. — Une fois que le collecteur a été pressé en position sur l'arbre, il faut remplir le vide entre l'extrémité du bobinage et le collecteur au moyen de ruban isolant jusqu'au niveau inférieur des fentes des

lames du collecteur; ainsi, les conducteurs soudés dans ces fentes reposent sur un « lit » qui, dans n'importe quel type de bobinage, évitera des ruptures de fils à l'arrière du collecteur.

Connexion des conducteurs de la première section au collecteur. — Déterminez la position de la lame 1 du collecteur à laquelle seront reliés les conducteurs d'entrée de la section 1, comme indiqué figure 212, chapitre XVIII, sous les titres Position du Collecteur dans les Bobinages à Pas Diamétral et Position du Collecteur dans les Bobinages à Pas Inférieur au Pas Diamétral. Faites alors le garnissage de l'espace vide entre collecteur et chignon et séparez les boucles de chaque encoche en un nombre de groupes égal au rapport nombre de lames collecteur/nombre d'encoches. Commencez alors par n'importe quelle encoche (encoche 1) sur une gaine blanche et amenez les conducteurs de cette gaine à la lame voulue (lame 1), après avoir détorsadé les conducteurs, et après avoir dénudé la partie qui sera enfoncée dans la rainure de la lame. Prenez alors une gaine rouge que vous amenez à la lame suivante. Il faut faire attention d'amener les gaines aux lames de collecteur dans l'ordre même où elles ont été disposées sur les conducteurs. C'est à ce stade qu'il est possible de faire de graves erreurs dans les bobinages en boucles, et il est extrêmement important que le bobineur respecte le repérage des boucles au moyen des gaines de couleur correcte.

La figure 214 montre un exemple de connexion incorrecte qui provient simplement d'une erreur de mise en place des gaines colorées, dans le cas d'un induit ayant plus de lames au collecteur que d'encoches. On a considéré ici un induit ayant un collecteur à trois fois plus de lames qu'il n'y a d'encoches. Sur la figure 214 A, on voit que la première section bobinée dans une encoche a une gaine blanche. La même gaine comporte le conducteur de sortie de la section située dans l'encoche adjacente à gauche. Ce conducteur n'a pas été représenté sur le collecteur. On voit en B la seconde section, à gaine rouge, et en C la troisième et dernière section, qui comporte une gaine noire. Si la boucle blanche est reliée à la lame 1 et la boucle noire à la lame 2, puis la boucle rouge à la lame 3, comme on peut le voir sur le croquis de gauche de la figure 214, il y aura deux sections, A et B, en série entre les lames 1 et 2. De ce fait, la chute de tension sera deux fois plus grande entre ces deux lames, comme on peut le vérifier au moyen d'un voltmètre. En reliant le voltmètre aux lames 2 et 3, on mesurera la chute de tension dans la section B; mais quand le voltmètre sera branché entre les lames 3 et 4, deux sections se trouveront en série (les sections C

et B), et la tension mesurée sera le double. On nomme un tel croisement de conducteurs « connexion inversée »; on obtient alors une lecture élevée, une faible, une élevée, ce qui peut provenir soit par l'emploi d'une gaine de couleur inexacte pendant le bobinage, soit de l'inversion de connexions lors de la mise au collecteur.

Pour déterminer le décalage des conducteurs au collecteur (voir

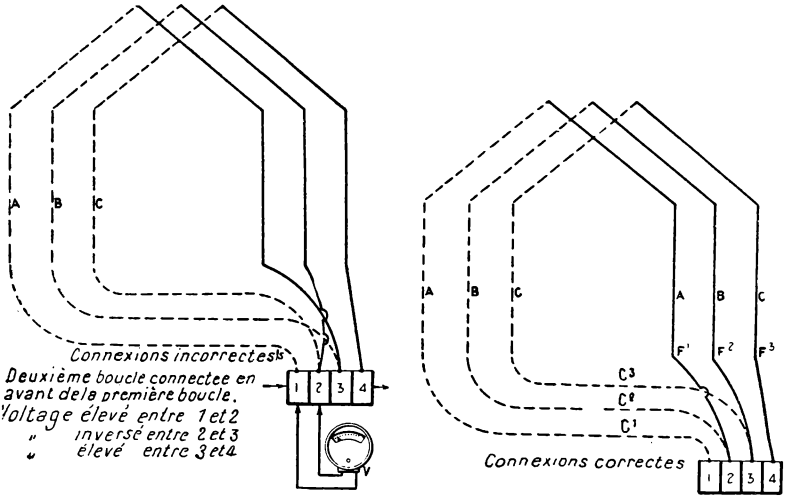
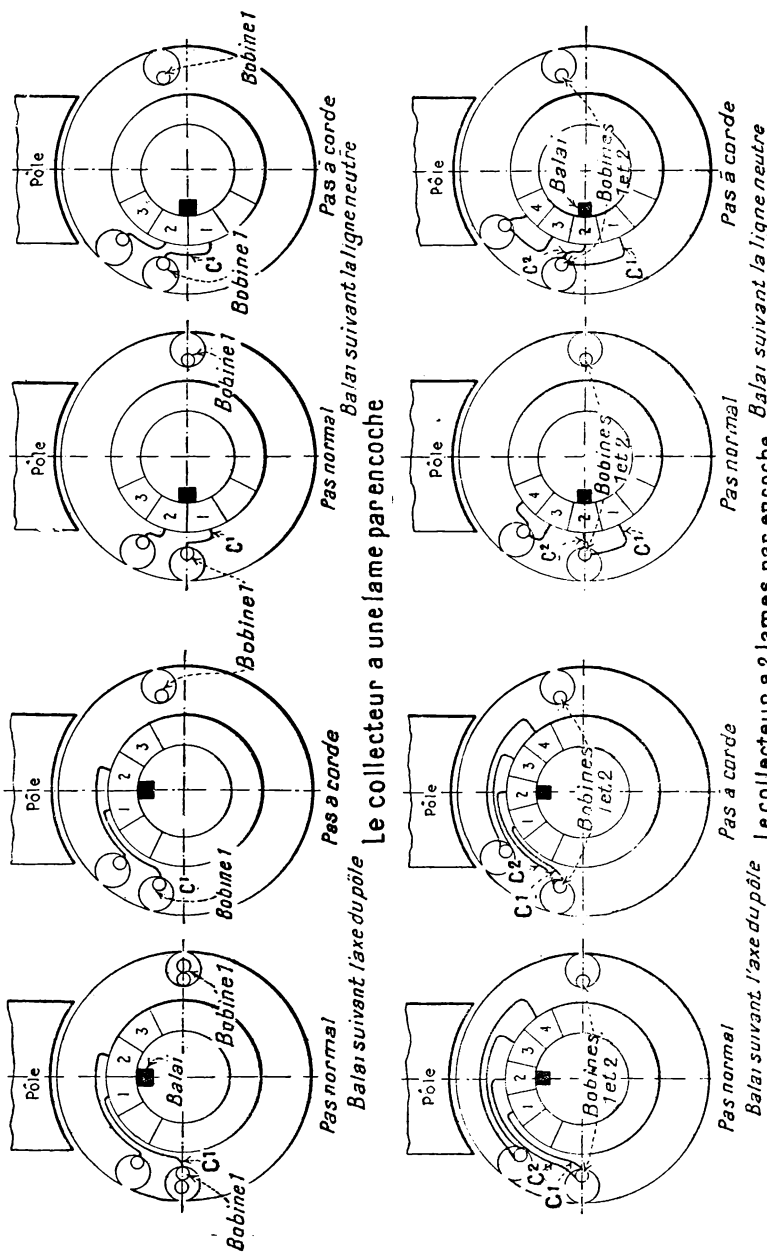


FIG. 214. — Le schéma de gauche représente une erreur possible de bobinage lorsqu'on n'emploie pas des gaines de différentes couleurs, pour les induits comportant deux ou trois fois plus de lames que d'encoches. Le schéma de droite indique les connexions correctes.

chapitre II) il est prudent de se servir de la dernière section mise en place parce qu'elle est entièrement visible; il est ainsi très commode de repérer ses conducteurs.

Connexion de la première section lorsqu'il y a plusieurs conducteurs par gaine. — Dans un enroulement à boucles bobiné à la main, dans lequel on coupe le fil après chaque section, chaque gaine blanche contient tous les conducteurs d'entrée ou de début de section, et chaque gaine rouge tous les conducteurs de sortie. Après avoir rempli l'espace vide entre le collecteur et le chignon, le travail consiste à relever toutes les gaines rouges ou conducteurs de sortie le long de l'induit. Choisir ensuite la dernière section et déterminer quels sont ses conducteurs inférieurs, ou conducteurs d'entrée, en reliant l'un des fils de la lampe témoin au conducteur de sortie de cette section — en fait, il est facile de trouver le conducteur de sortie par un simple examen



Le collecteur a une lame par encoche

Le collecteur a 2 lames par encoche

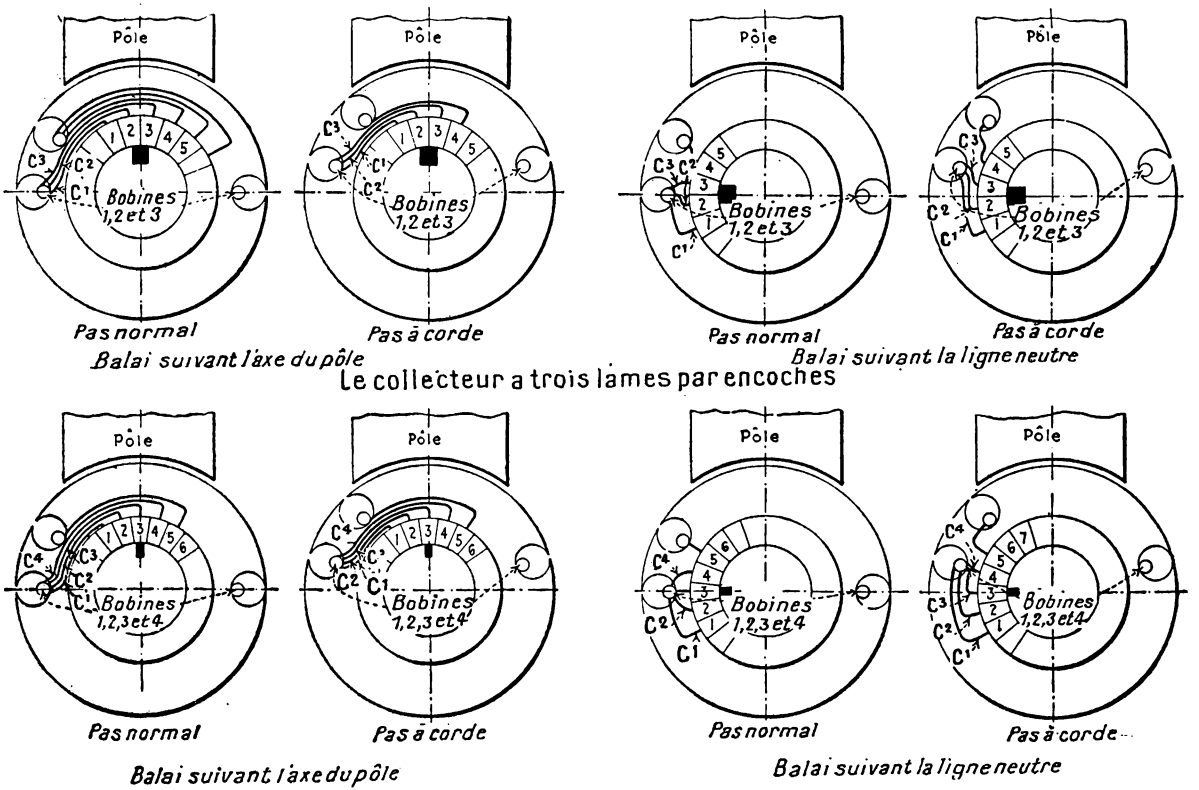


FIG. 215. — Les schémas de ces deux pages représentent les façons dont les commencements de sections sont connectés au collecteur. Les 4 rangées de schémas indiquent les méthodes employées avec les sections confectionnées respectivement avec un, deux, trois et quatre fils en main.

— puis en touchant l'un des conducteurs sortant de la gaine blanche jusqu'au moment où la lampe s'allume. Il suffit alors de mettre n'importe quel conducteur à la lame 1.

Mise au collecteur des conducteurs de la première section quand il y a deux ou plus de deux sections par encoche. — Dans le cas d'un bobinage à deux sections par encoche, il faut suivre le système suivant pour la mise au collecteur de la première couche de fils; on fait tourner l'induit jusqu'au moment où la dernière section se trouve dans la position représentée sur la figure 212, A à D. Si les conducteurs de la couche inférieure se trouvent à gauche quand on regarde à partir du collecteur, numérotez les lames comme sur la figure 212 A, c'est-à-dire de droite à gauche. Disposez alors n'importe lequel des deux conducteurs qui se trouvent dans la gaine dans l'encoche de la lame 1, en tenant compte du décalage des conducteurs. Le conducteur suivant est relié à la lame suivante à droite. Toutes ces remarques sont valables quel que soit le type de connexion, droite, etc. Tous les autres conducteurs sont mis en place par permutation circulaire, c'est-à-dire que les conducteurs venant de l'encoche suivante sont reliés aux deux lames à droite des deux premières lames utilisées. Il n'est pas nécessaire de choisir un fil déterminé dans une gaine inférieure, une fois que le premier a été mis en place.

Quand il y a trois sections par encoche, n'importe quel fil sortant d'une gaine inférieure peut être relié à la lame correspondant au décalage des mises au collecteur. Un autre conducteur est alors relié à la lame immédiatement à gauche, et un autre à la lame immédiatement à droite. On utilise cette méthode que le bobinage soit à pas à droite ou à pas à gauche.

Quand il y a quatre sections par encoche, n'importe quel conducteur, quand les conducteurs inférieurs sont à gauche, peut être relié à la lame correspondant au pas; mettez alors un conducteur dans la lame située à droite et les deux autres sur les deux lames immédiatement à gauche. Quand les conducteurs inférieurs sont à droite, mettez un conducteur dans la lame située à gauche de la lame correspondant au pas et les deux autres sur les deux lames immédiatement à droite.

Quand il y a cinq sections par encoche, un conducteur va à la lame correspondant au pas, deux vont immédiatement à droite et deux immédiatement à gauche. La figure 215 représente tous ces cas.

Quand tous les conducteurs inférieurs sont en place, disposer sur eux une couche d'isolant. On sépare ainsi les deux couches

l'une de l'autre. Il est préférable d'utiliser un ruban coupé en biais.

Vérification des connexions supérieures avant la mise au collecteur. — Avec un bobinage bouclé (c'est-à-dire dans lequel les conducteurs ne sont pas coupés avant la mise au collecteur), il n'est pas nécessaire de repérer les conducteurs, puisqu'un conducteur d'entrée fait toujours suite à un conducteur de sortie. Mais dans un bobinage dans lequel les conducteurs sont coupés après chaque section, il faut sonner tous les conducteurs supérieurs avant leur mise au collecteur. Dans ce but, le banc de bobinage doit être muni d'une lampe « sonnette ».

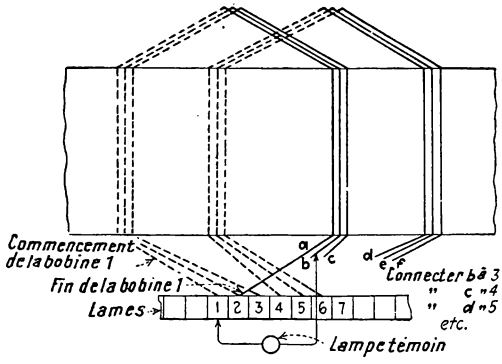


FIG. 216. — Repérage des sorties de section à la lampe témoin pour la mise au collecteur Cette méthode s'applique à n'importe quel enroulement. Les conducteurs d'entrée de chaque section sont mis au collecteur en une couche, chaque conducteur allant à la lame voulue. A ce moment, les conducteurs de sortie sont recherchés à la lampe-témoin et reliés à la lame située immédiatement en avant de la lame de départ (vers la droite sur ce dessin). Il n'y a, dans ce cas, qu'une encoche entre les branches du V, 12 encoches et le pas est de 1 à 6.

Le mode opératoire suivant peut être suivi dans le cas de bobinage à sections distinctes, à sections de pas inférieur au pas diamétral et à sections à pas diamétral :

Pour commencer, faites tourner l'induit jusqu'au moment où la dernière section se trouve dans la position représentée sur la figure 212. Donnez le numéro 1 à cette section et appelez également lame 1 la lame qui correspond au pas. Touchez alors la lame 1 avec l'un des conducteurs de la lampe témoin, comme représenté sur la figure 216. Avec l'autre conducteur de la lampe témoin, touchez tous les conducteurs de sortie de la section 1 jusqu'au moment où la lampe s'allume. Le conducteur correspondant est le conducteur de sortie de la section 1, comme on peut le voir sur la figure 216, en a. Quand les conducteurs inférieurs

sont à la partie inférieure, disposez le conducteur de sortie ainsi trouvé dans la lame immédiatement à gauche de la lame portant le conducteur d'entrée. A ce moment, en laissant toujours le conducteur de la lampe témoin sur la lame 1, cherchez le conducteur 2, figure 216, en b. Reliez-le à la lame adjacente à celle qui porte le conducteur a. Continuez à sonner les conducteurs supérieurs suivant la même méthode. Ne déplacez le conducteur de la lampe témoin de la lame 1 que lorsque ce déplacement sera nécessaire et, à ce moment, déplacez-le dans la même direction que celle dans laquelle vous recherchez les conducteurs de sortie, et laissez-le toujours trois lames en arrière du dernier conducteur relié à une lame.

Sur la figure 216, si le conducteur a avait été relié à gauche de la lame 1, on aurait réalisé une « connexion longue ». Elle se traduit par une inversion de polarité du générateur, et par un changement du sens de rotation du moteur. Remarquez que, dans ce mode de connexion, les conducteurs d'entrée et de sortie se croisent à l'arrière du collecteur. Ce n'est que de cette façon qu'il est possible d'inverser un bobinage imbriqué en le rebobinant.

Mise au collecteur de la première section d'un enroulement à boucle en V. — Dans le cas de l'enroulement en boucle en V, il est nécessaire de couper les boucles et de séparer les conducteurs sortant de chaque encoche en deux (conducteurs d'entrée et de sortie, ou conducteur de base et du sommet). Après cette coupure, les conducteurs sont mis au collecteur comme dans le cas d'un enroulement à pas inférieur au pas diamétral.

En mettant au collecteur les bobinages spéciaux décrits dans les chapitres précédents, il faut être certain que les règles de repérage et de sortie des conducteurs ont été scrupuleusement observés.

Vérifications après mise au collecteur. — Une fois que la mise au collecteur est terminée, il y a un certain nombre de vérifications à effectuer. Quand la mise au collecteur est incorrecte et que l'on essaye de faire tourner le moteur, il y a de nombreuses étincelles au collecteur. L'induit chauffe et est animé d'un mouvement irrégulier, quand il ne tend pas à s'immobiliser après chaque dent, en donnant un couple extrêmement faible. Dans le cas d'un moteur shunt ou compound, il peut y avoir augmentation de la vitesse, cette augmentation étant fonction du nombre d'erreurs de connexion. Avec un moteur série, il peut y avoir ralentissement et les bobinages d'induit et d'inducteur s'échauffent très rapidement. Il est facile de faire des fautes qui se tra-

duisent par un très mauvais fonctionnement; par suite, il faut prendre le plus grand soin dans l'exécution du bobinage et de la mise au collecteur.

Mise au collecteur des conducteurs supérieurs dans le cas d'un enroulement ondulé. Dans tout enroulement ondulé, un nombre de séries de sections, égal à la moitié du nombre de pôles, entourera l'induit. Chaque série doit se terminer une lame en avant ou une lame en arrière de la lame de départ, suivant que l'enroulement est progressif ou rétrograde. La vérification suivante situera les connexions des conducteurs supérieurs (ou de sortie) : placer au collecteur tous les commencements de sections et ensuite, en partant de la lame 1, déterminer la lame qui correspond au pas du collecteur. Placer un des conducteurs de la lampe témoin sur la lame 1 et chercher le conducteur de sortie de section qui allume la lampe. Cette sortie sera placée dans la lame correspondant au pas que l'on vient de déterminer. Placer ensuite le conducteur de la lampe témoin sur cette lame qui contient maintenant un début et une fin, et chercher la sortie suivante qui allume la lampe témoin. Cette sortie sera reliée une lame en avant ou une lame en arrière de la lame 1, pour un bobinage à quatre pôles, suivant que le bobinage est progressif ou rétrograde. Le troisième conducteur de sortie sera connecté une lame en avant ou une lame en arrière de la première lame du premier conducteur mis au collecteur et ainsi de suite jusqu'au moment où tous les conducteurs auront trouvé leur place sur le collecteur.

Soudure des connexions au collecteur. — Pour souder les connexions, on peut utiliser un chalumeau à gaz de ville, que l'on dirige directement sur le collecteur, de manière à chauffer les lames et permettre à la soudure de couler. Une autre méthode consiste à employer un gros fer à souder, c'est-à-dire qui tient la chaleur. Placer ce fer sur la partie du collecteur où portent les balais et appliquer la soudure à la surface du collecteur jusqu'à ce qu'elle fonde et coule dans les ailettes. Avec ces deux méthodes, la soudure coule sur toute la surface du collecteur, mais cela ne constitue pas un inconvénient sérieux car le nettoyage de la soudure ne demande pas un supplément de travail, puisque de toute façon le collecteur doit être tourné et poli.

Une troisième méthode, très rapide, consiste à préchauffer le collecteur que l'on arrose de soudure fondue. Il est indispensable d'incliner l'induit au moins à 30° sur l'horizontale, avec le chignon arrière à la partie supérieure.

CHAPITRE XX

VÉRIFICATION DES INDUITS PENDANT ET APRÈS LE BOBINAGE

Au rebobinage de tous les types d'induits un certain nombre de défauts et de dérangements peuvent se produire. Ce chapitre est consacré au repérage des plus communs de ces défauts qui sont les suivants :

1° Masses.

2° Inversion des connexions de sections.

3° Ruptures de circuits et court-circuits :

a) Entre les spires d'une section.

b) Entre sections supérieure et inférieure.

c) Entre lames du collecteur.

d) Entre connexions de sections.

e) Entre têtes de sections. Un court-circuit entre têtes de sections met hors circuit un groupe de sections.

Un atelier de rebobinage reçoit une grande variété de moteurs de toutes tailles et de tous types; certains peuvent être commodément isolés, d'autres sont d'un travail délicat. Certains induits ont des encoches dans lesquelles on dispose de peu de place et il faut un matage considérable pour y loger les fils. Si le fil utilisé est fin, il y a quelques chances pour qu'il se rompe; pour cette raison, le banc de bobinage ou la machine à bobiner doit être pourvu d'une lampe témoin à 110 volts, pour permettre au bobineur de vérifier chaque section après mise en place, afin de déceler les masses et les ruptures avant d'aller plus loin, et d'éviter de terminer un bobinage incorrect.

Echelonnement des vérifications pendant le bobinage. — Il est bon, en cours de bobinage d'un induit, d'avoir un mode opératoire qui permette de déceler l'un des défauts cités ci-dessus

dès qu'il s'est produit. Les méthodes d'essais suivantes sont recommandées dans les ateliers qui rebobinent des induits de dimensions moyennes et petites :

1° Après débobinage de l'induit, et avant de rebobiner, vérifiez le collecteur du point de vue masses et court-circuits.

2° Bobiner l'induit et mettre les cales.

3° Vérifiez que l'enroulement n'a ni masses ni court-circuits au moyen d'un grogneur.

4° Faites la mise au collecteur mais, avant d'effectuer les soudures, faites une vérification lame par lame au moyen d'un millivoltmètre.

5° Souder les conducteurs dans les ailettes du collecteur, vernir par immersion et tournez le collecteur.

6° Essayez une dernière fois l'induit lame après lame.

On recommande de faire un essai lame par lame au millivoltmètre avant soudure des connexions sur le collecteur parce que c'est à ce stage du bobinage que se produisent fréquemment les court-circuits entre connexions, les inversions et les croisements et parce qu'il est plus facile de soulever une connexion non soudée pour repérer le défaut et y remédier. On recommande de faire une nouvelle vérification après soudure parce que des gouttes de soudure peuvent couler derrière le collecteur, réalisant de la sorte des court-circuits entre lames; de même, en cours de tournage, l'outil peut entraîner de petits copeaux de cuivre dans les micas, avec également production de court-circuits.

Vérification de l'isolement du collecteur. — La première chose à faire après débobinage de l'induit et avant de le rebobiner est une vérification du collecteur, en vue de déceler les masses et les court-circuits. Pour les masses, enrouler un fil de cuivre nu autour du collecteur, en s'assurant qu'il est bien en contact avec toutes les lames, et appliquer les tensions suivantes, fournies par un transformateur d'essais, entre l'arbre — ou les tôles d'induit — et le fil qui entoure le collecteur (figure 127 A). Pour les induits jusques et y compris 1/2 CV, un essai d'isolement sous 900 volts alternatifs pendant une minute est suffisant. Pour les induits de puissance supérieure, il faut faire l'essai sous deux fois la tension normale d'utilisation plus 1.000 volts. Par exemple, pour un induit de 100 à 150 volts, la tension d'essai d'isolement est de 1.200 volts; pour un induit de 400 à 450 volts, la ten-

sion d'essai d'isolement est de 2.000 volts. L'essai doit toujours durer une minute.

Vérification des courts-circuits dans le collecteur. — L'essai suivant consiste à rechercher pour les faire disparaître, les court-circuits entre lames. Cet essai s'exécute au moyen d'une lampe témoin 110 volts, en touchant avec les conducteurs reliés à la lampe deux lames adjacentes, figure 217 B. Selon la résis-

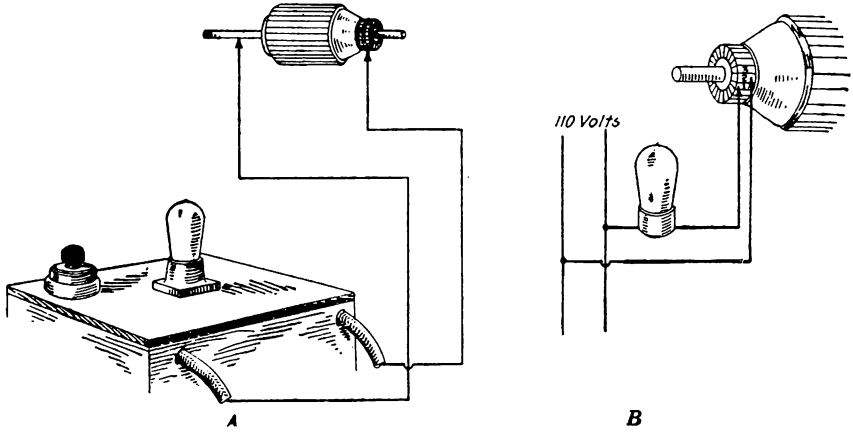


FIG. 217. — Pour essayer un collecteur et rechercher s'il est à la masse, entourez-le d'une barre de cuivre nu qui touche toutes les lames.

Cet essai est représenté en A. Appliquez l'un des conducteurs du transformateur d'essai à l'arbre ou aux tôles d'induit et touchez le collecteur avec l'autre. B : méthode d'essai pour rechercher les court-circuits entre lames : on touche deux lames adjacentes avec les deux fils d'une source de 110 volts sur laquelle on a monté une lampe ; si deux barres sont en court-circuit, la lampe s'allume.

tance du court-circuit, le mica carbonisé deviendra lumineux ou des crépitements se produiront; dans le cas d'un court-circuit franc, la lampe brillera sous son éclat normal. La plupart des court-circuits entre lames peuvent être supprimés en grattant le mica carbonisé au moyen d'un couteau ou d'une lame de scie à métaux préalablement meulée. Le trou ainsi creusé doit être rempli de ciment pour collecteur, dont une bonne formule comporte un mélange de plâtre de Paris et de gomme laque. On doit mélanger ces deux produits jusqu'à former une pâte épaisse avec laquelle on remplira les creux entre lames. Quand un collecteur comporte un trop grand nombre de tels défauts, il est plus avantageux de remplacer les micas, ou, dans les moteurs de petite dimension, de mettre un collecteur neuf. Il est primordial d'être

absolument certain que le collecteur n'a pas de défauts avant de commencer à rebobiner.

Vérification du bobinage avant mise au collecteur. — Si, après bobinage et calage, l'induit présente une masse, on emploira la méthode suivante pour repérer la section à la masse. Deux cas peuvent se présenter : (1) le bobinage est bouclé, et le conducteur n'est pas coupé d'une section à l'autre; (2) chaque encoche présente un certain nombre de conducteurs, dont la moitié constitue des conducteurs d'entrée et l'autre moitié des conducteurs de sortie.

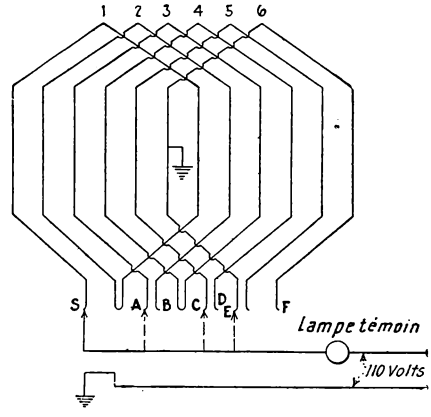


FIG. 218. — Repérage d'une section à la masse dans un bobinage imbriqué avant de faire la mise au collecteur.
Après avoir coupé la boucle AB, si la lampe témoin s'allume sur S, la terre se trouve entre les sections S à B. Si elle reste éteinte, touchez successivement les conducteurs A, C et E, en coupant les boucles environ quatre encoches en avant du fil essayé, pour localiser le défaut, ici en E.

Dans le premier cas, on utilisera le montage de la figure 218 : l'un des conducteurs de la lampe témoin est relié aux tôles de l'induit ou à l'arbre tandis que l'on touche l'une des extrémités du bobinage avec l'autre, figure 218 (S). On coupe ensuite une boucle environ quatre encoches plus loin, comme représenté en B. Si la masse est entre S et B, la lampe reste allumée. Si la masse est dans l'autre partie de l'enroulement, le circuit sera rompu et la lampe s'éteindra. Dans ce cas, toucher avec le conducteur de la lampe témoin en A, couper une autre boucle quatre encoches plus loin, comme en D. Répéter ce mode opératoire jusqu'à ce que la masse soit localisée dans un groupe de quatre sections, puis, en commençant par la première section de ce groupe, coupez les boucles les unes après les autres jusqu'à ce que la masse soit décelée. On voit une masse sur la figure 218 sur la section 6. Après avoir repéré cette section, il faut sonner également le reste du bobinage pour être certain qu'il n'existe pas d'autres sections défectueuses.

Dans le deuxième cas, chaque encoche comporte un certain nombre de conducteurs, dont la moitié sont des conducteurs de sortie (fin de section) et l'autre sont des conducteurs d'entrée

(début de section). Il faut en premier lieu séparer les entrées des sorties, et l'on replie les entrées vers l'induit, sans toutefois qu'elles touchent les tôles. On dénude alors environ 7 millimètres sur chaque conducteur, puis on les attache ensemble par paquet au moyen d'un fil de cuivre non isolé; si l'on applique alors une tension élevée entre un de ces paquets et l'induit, l'un des paquets présentera une masse. Enlevez le conducteur qui lie tous les conducteurs de ce paquet et sonnez ensuite chaque connexion séparément avec la lampe témoin, dont un conducteur est à la masse, jusqu'au moment où vous aurez trouvé la section à la masse.

Recherche des masses après la mise au collecteur. — Si le bobinage a été vérifié après calage et avant la mise au collecteur, il ne doit pas renfermer de masses une fois terminé. Néanmoins, s'il présente un défaut d'isolement après mise au collecteur, la méthode suivante permettra de situer le défaut.

Le montage pour cet essai est représenté sur la figure 219. La ligne d'essai, qui comporte un tableau de lampes en parallèle, est reliée à deux lames diamétralement opposées, comme 1 et 10. Avec un millivoltmètre branché à deux lames adjacentes, 2 et 3, allumer suffisamment de lampes pour obtenir une déviation sensiblement égale au quart de la graduation de l'appareil. Enlever ensuite le millivoltmètre des lames 2 et 3 et relier l'un des conducteurs aux tôles de l'induit, comme représenté sur la figure. Avec l'autre conducteur toucher le collecteur en un point équidistant des deux fils de la ligne d'essai, par exemple, lame 4. Etablir cette liaison légèrement et rapidement, en regardant l'aiguille de l'appareil. Si l'aiguille sort de l'échelle, essayer la lame 5, puis 6, etc. Si ces essais ne ramènent pas l'aiguille dans la graduation, essayer les lames situées de l'autre côté de la lame 4. On obtient une lecture élevée quand on touche la lame 4 pour la raison suivante : les sections 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et une partie de 9 sont en série à la masse; donc l'appareil mesure la chute de tension entre la lame 4 et la masse. Quand on ramène le fil du millivoltmètre à la lame 5, en C, la chute de tension est réduite d'une section. En déplaçant le conducteur de l'appareil de mesure vers la lame à laquelle est reliée la section à la masse, les lectures deviennent de plus en plus faibles jusqu'au moment où la lame 9 est atteinte. Celle-ci donnera la déviation la plus faible. Si l'on touche alors la lame 10, la déviation croît; une diminution de la déviation indique que l'on se rapproche de la section à la masse, tandis qu'une augmentation de la déviation indique au contraire que l'on s'en éloigne.

Après avoir ainsi repéré la section défectueuse, essayez-la après avoir débranché du collecteur le conducteur supérieur de cette section, ainsi qu'un conducteur situé de chaque côté de celui-ci. Refaite l'essai de masse sur cette section, ainsi que sur le reste du bobinage, pour être bien certain d'avoir repéré toutes les masses. On peut utiliser, à la place du millivoltmètre, un récepteur télé-

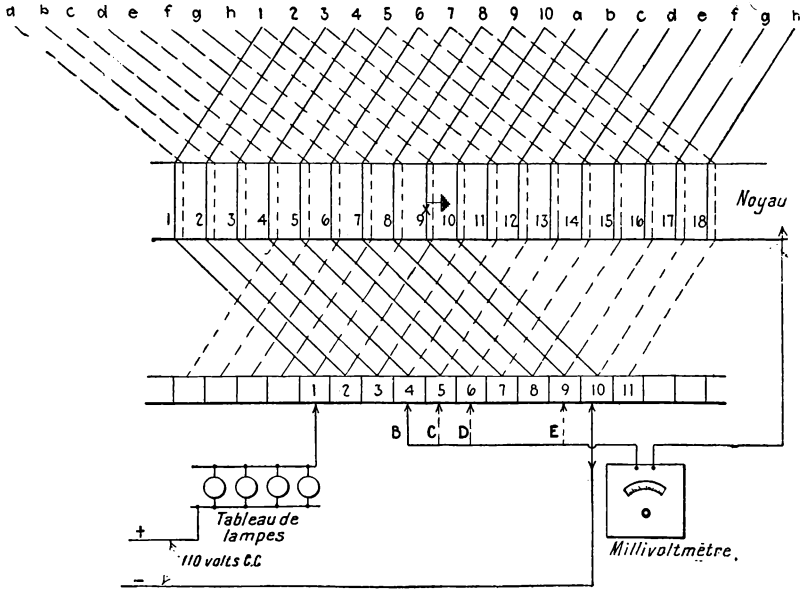


FIG. 219. — Recherche d'une masse au moyen d'un tableau de lampes et d'un millivoltmètre. Le millivoltmètre est d'abord placé entre deux lames adjacentes, par exemple les lames 2 et 3, et l'intensité dans le bobinage est réglée à une valeur telle que le millivoltmètre ait une déviation égale au quart de son échelle. L'un des fils du millivoltmètre est alors relié aux tôles d'induit, et l'autre est amené successivement en contact avec les lames 3, 4, 5, etc., soit en B, C, D. Quand on s'approche de la lame à laquelle est reliée la section à la masse, les déviations du millivoltmètre diminuent de plus en plus, puis elles recommencent à croître quand on s'éloigne de la même lame. La déviation la plus faible indique que la section correspondante est reliée à la masse.

phonique; un bruit élevé dans l'écouteur correspond à une grande déviation du millivoltmètre.

Vérification des connexions pour déceler les inversions. — Il arrive souvent, en faisant la mise au collecteur, que l'on croise des conducteurs, et il faut repérer ces défauts avant de souder les fils sur les ailettes. Il existe deux cas de connexions inversées : dans l'un d'eux, le défaut est décelable au millivoltmètre, tandis qu'il ne l'est pas dans l'autre. On voit sur les schémas A, B et C de la

figure 220, une section inversée dans laquelle il y a eu permutation des conducteurs d'entrée et de sortie. Sur le schéma A, le courant provenant des conducteurs du banc d'essai circule de L1 à L2, c'est à-dire de gauche à droite à travers toutes les sections, sauf la section 2, dans laquelle la circulation se fait en sens inverse. La seule méthode de repérage d'une telle inversion consiste à utiliser une boussole.

L'examen des schémas B et C de la figure 220 montre qu'un voltmètre ne permet pas de localiser ce défaut, non plus qu'un écou-

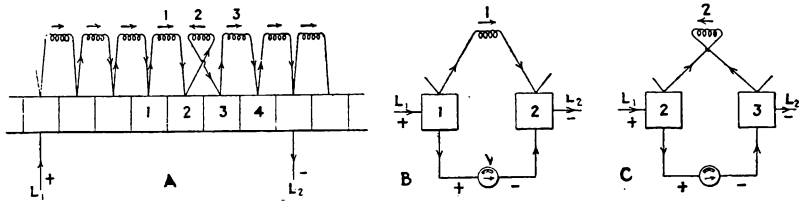


FIG. 220. — Cas d'inversion de connexion qui ne peut pas être décelé par l'essai au millivoltmètre. A : montage pour l'essai normal au millivoltmètre. Le courant entre dans le collecteur en L_1 et en ressort en L_2 ; il passe dans le même sens dans toutes les sections, sauf la section 2. On voit en C que la déviation du millivoltmètre sera la même entre les lames 2 et 3. Bien qu'il y ait inversion du sens du courant dans la section 2, le millivoltmètre, qui mesure la chute de tension dans cette section, ne tient pas compte de l'inversion de la section. La méthode de recherche d'un tel croisement de fils consiste à utiliser une boussole, comme indiqué dans le texte.

teur téléphonique. Dans la vérification lame par lame à l'aide d'un millivoltmètre, figure 220 B, on place les conducteurs du millivoltmètre sur les lames 1 et 2. On mesure ainsi la chute de tension dans une section, le sens du courant dans le millivoltmètre étant celui indiqué par la flèche du schéma. Avec le millivoltmètre sur les lames 2 et 3, schéma C, on mesure la chute de tension dans la section 2. Dans ce cas, le courant est inversé dans la section 2, mais le sens de passage du courant dans le millivoltmètre reste le même; par suite, on ne décèle pas le défaut. Si l'on montait sur un moteur un induit possédant ce défaut, il y aurait des crachements à chaque passage de la lame correspondante du collecteur sous les balais. La méthode correcte de repérage de ce défaut consiste à disposer une boussole au-dessus de l'encoche de l'induit en même temps que l'on envoie dans les enroulements du courant continu. On fait alors tourner doucement l'induit, et quand la section défectueuse passe sous la boussole, il y a déviation de son aiguille en sens inverse. Ce défaut peut provenir d'une erreur du bobineur, qui a placé sur les conducteurs de cette section des gaines dont la couleur n'était pas correcte (permutation de gaines).

Vérification des connexions pour déceler les inversions provenant de l'emploi erroné de gaines. — Un autre cas de section inversée ou de croisement de connexions se produit dans les enroulements à boucles et provient du placement de gaines de couleurs erronées sur deux boucles. Ce cas est représenté sur les schémas A, B, C et D de la figure 221. Sur le schéma A, le début de la section 1 et la fin de la section 2 sont reliées à la lame 3, tandis que le commencement de la section 2 et la fin de la sec-

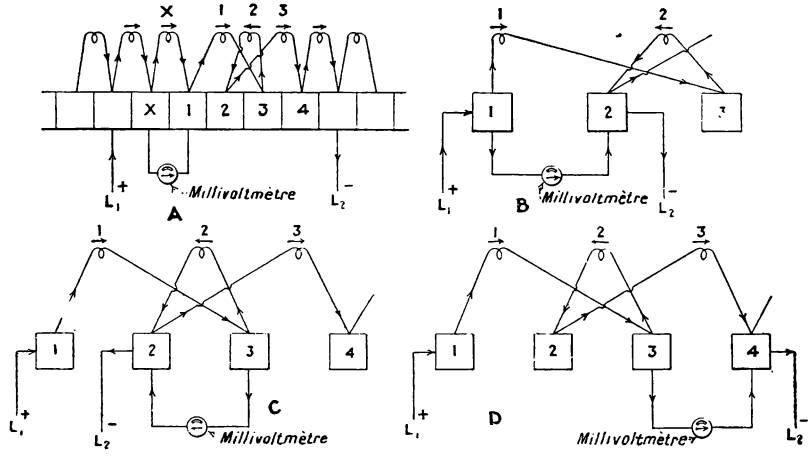


FIG. 221. — Autre cas d'inversion de connexions qui se produit dans les bobinages imbriqués. Le schéma en est donné en A. En disposant le millivoltmètre entre la lame x et la lame 1, on obtient une lecture normale. Entre 1 et 2, la déviation sera le double de la déviation normale, schéma B, le voltmètre donnant la chute de tension dans les deux sections 1 et 2 montées en série. Sur les lames 2 et 3, schéma C, on obtient une lecture inversée, parce que la section 1 rend la lame 3 positive, comme si L_1 était directement fixé à la lame 3. Quand le millivoltmètre est au contact des lames 3 et 4, schéma D, on obtient une lecture double de la normale, et dans le bon sens, parce qu'on mesure la chute de tension dans les sections 2 et 3 montées en série.

tion 3 sont reliées à la lame 2. On inverse ainsi la section 2, comme l'indiquent les flèches au-dessus de chaque section. Dans la vérification lame après lame avec les conducteurs du millivoltmètre branchés aux lames $\times$ et 1, on mesure la chute de tension dans une section, la section $\times$. Appelons la lecture obtenue une lecture normale. Quand les conducteurs du millivoltmètre seront reliés aux lames 1 et 2, on aura une lecture double de la normale, mais dans le même sens. Le schéma B indique la raison de cette lecture double. La fin de la section 1 est reliée à la lame 1 et son commencement à la lame 3; la fin de la section 2 est également reliée à la lame 3, et le début de la section 2 à la lame 2. Donc les sections 1 et 2 sont en série entre les lames

1 et 2. Quand les conducteurs du millivoltmètre sont reliés aux lames 2 et 3, comme en C, on mesure la chute de tension dans une section (section 2), et on obtient une lecture normale, mais l'aiguille dévie en sens inverse. La raison de cette lecture inversée est que la connexion de la section 1 rend la lame 3 positive, exactement comme si L1 était relié directement à la lame 3. Quand les conducteurs du millivoltmètre sont reliés aux lames 3 et 4, comme en D, on obtiendra une lecture double de la normale et dans le sens correct, parce que les sections 2 et 3 sont en série entre les lames 3 et 4. Donc, dans une vérification lame après lame, ce genre de défaut est indiqué par une suite de déviations se succédant dans l'ordre suivant : d'abord une déviation double, une déviation normale, mais en sens contraire, finalement une déviation double dans le bon sens. Un écouteur téléphonique donnera un son intense, puis un son faible, puis à nouveau un son intense. Le millivoltmètre est néanmoins plus sûr, puisqu'il donne une indication de plus, l'inversion du sens de la déviation.

Recherche des court-circuits. — Les autres genres de défauts qui peuvent se produire en bobinant ou en faisant la mise au collecteur sont les court-circuits. Chaque type de court-circuits a des caractéristiques différentes, et des méthodes différentes doivent être utilisées pour les déceler. Le plus commun des court-circuits se produit entre les spires; plusieurs spires forment alors un circuit fermé. Ce type de défaut n'affecte qu'une section; en utilisant un millivoltmètre dans l'essai lame après lame (essai de chute de tension), un court-circuit entre spires se traduira par une lecture plus faible; la grandeur de la déviation dépend de la portion de section en court-circuit. Pour un court-circuit franc, c'est-à-dire quand la section toute entière est court-circuitée, la déviation est nulle.

Emploi d'un grogneur pour déceler les court-circuits. — La meilleure pour repérer les sections en court-circuit consiste à utiliser un grogneur. Tout induit devrait être essayé au grogneur après bobinage et calage, mais avant de faire la mise au collecteur. Tous les court-circuits relevés après la mise au collecteur seront alors soit dans les connexions, soit dans le collecteur lui-même.

Court-circuits entre spires. — Avec le grogneur, les court-circuits entre spires provoquent une attraction de la lame métallique par deux encoches, c'est-à-dire par les encoches qui contiennent les moitiés inférieure et supérieure de la section considérée. En étudiant l'effet de chaque type de court-circuit séparé-

ment, il devient facile de repérer et de déterminer un court-circuit quelconque susceptible de se produire dans un bobinage. Considérons par exemple un induit à 14 encoches, avec un pas de 1 à 7, et supposons que la vérification au grogneur indique un court-circuit dans quatre encoches, soit 1, 4, 7 et 10, alors que les encoches 1 et 7 contiennent une section, et les encoches 4 et 10 une seconde. Le pas de l'enroulement et la partie visible de la section faciliteront le repérage de la section défectueuse. Dans l'essai lame par lame, le millivoltmètre indiquera une faible déviation en arrivant aux deux lames auxquelles arrivent les extrémités de la section défectueuse. Cet essai situe la section sans autre vérification. Les court-circuits entre sections d'une même bobine dans un enroulement à boucles se rangent dans la catégorie des court-circuits entre spires, quoique les court-circuits soient entre sections, et si on coupait les deux boucles de l'encoche, la lampe s'allumerait entre les deux sections, bien que le circuit soit en théorie coupé.

Court-circuits entre les demi-sections supérieure et inférieure. — Le type suivant de court-circuit est celui qui se produit entre demi-section supérieure et demi-section inférieure. On lui donne le nom de court-circuit entre demi-section supérieure et demi-section inférieure pour le distinguer de celui qui se produit entre sections d'une même bobine dans le bobinage en boucle. Ce type de court-circuit forme une dérivation fermée en forme de 8, qui peut affecter deux ou trois encoches, suivant le type de bobinage et le pas de l'enroulement. Dans un bobinage à pas diamétral, deux encoches opposées diamétralement seront affectées. Dans les enroulements à corde, à bobines parallèles et en V, trois sections seront affectées.

Recherche de l'encoche contenant le court-circuit. — Pour trouver l'encoche dans laquelle se trouve le court-circuit, partez d'une quelconque des encoches désignées par le grogneur comme court-circuitée, et en appelant cette encoche 1, compter vers la droite et vers la gauche un intervalle égal au pas de l'enroulement. Si chaque compte tombe dans une encoche désignée par le grogneur, le court-circuit se trouve dans l'encoche 1, mais si le compte ne tombe pas des deux côtés dans une encoche repérée, prendre une autre des encoches repérées, qui portera alors le n° 1, et procéder suivant la même méthode. Ce mode opératoire est donné sur la figure 222. Après l'essai lame à lame, on trouvera une lecture faible entre les lames 10 et 11, puis 3 et 4, ce qui n'indiquera pas autre chose que l'existence de deux court-circuits dans l'en-

roulement. Il résulte de ce qui précède que le grogneur est le meilleur moyen de déceler et localiser les court-circuits.

Localisation du court-circuit dans le bobinage ou dans le collecteur. — Le grogneur indiquera également si le court-circuit se trouve dans l'enroulement ou dans le collecteur. Si, de la vérification avec le millivoltmètre, il ressort que deux lames du collecteur sont en court-circuit, placer l'induit sur le grogneur et relier les deux lames avec un canif, en prenant soin que la section qui relie ces deux lames se trouve dans le champ actif du grogneur. Rompre alors le contact avec une des lames. S'il y a un petit arc au moment de la rupture, le court-circuit se trouve dans l'enroulement; au cas où il n'y a pas d'arc, les deux lames sont en court-circuit direct.

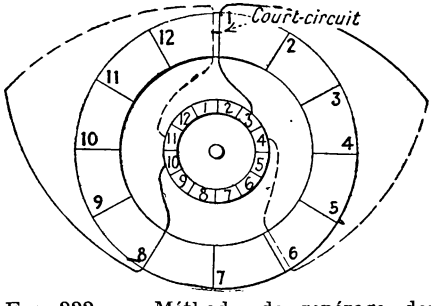


FIG. 222. — Méthode de repérage des court-circuits entre demi-sections inférieure et supérieure d'une même encoche. Dans l'essai au grogneur, il avait attraction dans les encoches 1, 6 et 8. Le pas de la section est de 1 à 6. Considérons n'importe laquelle des encoches qui a présenté une attraction lors de l'essai au grogneur, par exemple l'encoche 1. Comptons alors, à partir de cette encoche et de chaque côté, une distance égale au pas. Si les deux encoches ainsi repérées sont celles qui avaient été trouvées dans l'essai au grogneur, les deux demi-sections sont court-circuitées dans l'encoche qui a servi de point de départ. Dans ce cas, en comptant un pas de part et d'autre de l'encoche 1, on tombe sur les encoches 6 et 8 ; il en résulte que le court-circuit doit se trouver dans l'encoche 1, puisque les encoches 6 et 8 avaient, conjointement à l'encoche 1, montré des signes de court-circuit.

Localisation des court-circuits entre connexions. — Les court-circuits entre connexions se produisent pour la plupart dans les induits qui sont bobinés avec plusieurs conducteurs en main, contenus dans une même gaine. Les court-circuits de ce type se produisent lors du toronage des fils dans la gaine. Lorsqu'on tasse les conducteurs, lors de la mise au collecteur, l'isolant se rompt, ce qui court-circuite deux sections. Un tel court-circuit se comporte comme un court-circuit entre spires.

Ce défaut se produit principalement dans la couche supérieure de conducteurs, parce que les connexions inférieures sont mises au collecteur telles qu'elles sortent des encoches. Les connexions supérieures seront, au contraire, croisées et permutées; le croisement se faisant parfois au ras des tôles de l'induit. Le tassement qui en résulte se traduit fréquemment par un court-circuit.

Repérage des court-circuits entre têtes de sections. — La mise

en forme et le tassage des sections peuvent être cause de court-circuits entre têtes de sections dans n'importe quel type de bobinage à main. Ce type de court-circuit est le plus difficile à repérer parce qu'une section, en passant dans le chignon, passe au-dessus d'un certain nombre d'autres sections, et aussi bien sur des demi-sections supérieures que sur des demi-sections inférieures. Les phénomènes constatés dans ce cas sur le grogneur n'ont pas de signification précise; un certain nombre d'encoches donneront des signes de court-circuit, mais on ne peut pas, comme précédemment, procéder par élimination régulière. Quelquefois, on peut s'assurer que le défaut est entre les têtes de sections en les

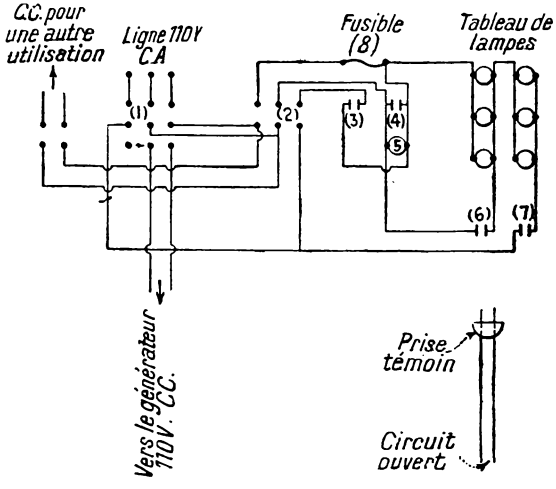


FIG. 223. — Schéma de câblage d'un tableau d'essais. (1) Inverseur tripolaire. (2) Interrupteur tripolaire avec fusibles. (3), (4), (6), (7) Prises de courant femelles. (5) Lampe. (8) Fusible utilisant du fil calibré. La prise de courant (3) est en série sur la ligne courant alternatif seulement ; (4) se trouve au choix sur le courant alternatif ou le courant continu ; (6) permet d'utiliser un banc de lampes sur le courant continu seulement, et (7) les deux tableaux de lampes en courant alternatif seulement. La lampe (5) est alimentée en courant alternatif ou continu.

remuant à la main; on peut le localiser en le faisant apparaître et disparaître, mais si cette méthode s'avère inefficace, celle qui suit permettra d'en faire la localisation.

Déconnectez toutes les sorties de section; prenez la lampe témoin et reliez un de ses conducteurs à une quelconque des sorties au moyen d'un fil de cuivre dénudé. Il faut prendre un fil suffisamment long pour qu'il puisse contourner tout le collecteur. Avec l'autre conducteur, toucher la sortie adjacente à celle qui est attachée en permanence à l'autre conducteur de la lampe

témoin. Si la lampe s'allume, il y a court-circuit entre les deux sections. Dans ce cas, relier les deux connexions avec le fil d'attache en même temps qu'on les marque pour pouvoir les retrouver ultérieurement. Si la lampe ne s'allume pas, relier les deux connexions avec le fil sans les marquer. Sonner ensuite la sortie suivante. Répéter ce processus avec chaque sortie jusqu'à ce que soit atteint le point de départ, en repérant chaque sortie sur laquelle la lampe s'allume. Ces connexions repérées sont celles qui sont reliées à la section en court-circuit aux têtes de sections. Avec l'essai lame par lame, on obtient toutes sortes de lectures au millivoltmètre, suivant le degré de contact et le nombre des endroits en court-circuit. On n'obtient pas alors de résultats définis avec cet essai.

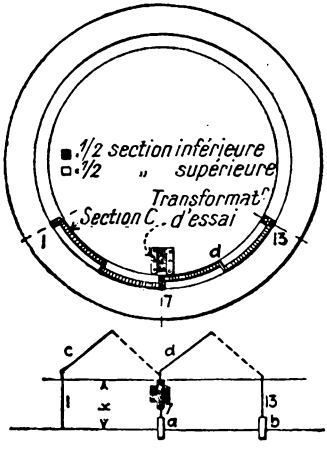


FIG. 224. — Comment utiliser le « grogneur » pour vérifier les enroulements statoriques des petits moteurs à courant alternatif.

Raisons pour lesquelles les déviations varient lors de l'essai lame par lame. — Dans l'essai de chute de tension, lame par lame, au millivoltmètre, un court-circuit dans une section donnera une très faible déviation, de même qu'un mauvais contact se traduira par une déviation importante. Dans les essais des induits bobinés à la main, il y a un certain nombre de causes qui contribuent à donner des déviations fortes ou faibles. Quand on vérifie un induit dont les connexions sont faites au collecteur, mais ne sont pas soudées, si les fils rentrent facilement dans les entailles des ailettes, on ne peut pas obtenir de lectures stables parce que des contacts imparfaits peuvent accroître la résistance de la section en essai. Il en résultera donc une série de lectures faibles ou irrégulières. D'autres causes peuvent amener une variation dans les déviations : le grand nombre de spires par section, l'emploi d'un conducteur de bobinage de petit diamètre ou l'omission d'une ou deux spires dans une section. Quelquefois une ficelle ou un morceau de ruban attaché au-dessus des connexions, juste à l'arrière du collecteur, assurera un meilleur contact entre ce dernier et les connexions, ce qui permettra d'avoir des lectures plus stables lors de l'essai lame par lame. Lorsque, au cours d'un tel essai, on obtient une lecture plus faible, et s'il y a doute de court-circuit, employer le grogneur.

Cas où les défauts ne peuvent pas être localisés. — Quand, au cours des essais, on constate un certain nombre de défauts, et qu'on éprouve des difficultés à les localiser, il est toujours préférable de débobiner l'induit et de le rebobiner complètement. On économisera ainsi du temps et de l'argent, et on obtiendra un meilleur travail.

Ohmmètre pour essai lame par lame. — Cet appareil, dont le nom commercial est « Ducter », est construit par James Biddle and Co; c'est un ohmmètre à lecture directe qui permet de lire jusqu'au millionième d'ohm. Il permet de trouver facilement les sections dans lesquelles on a oublié une ou deux spires, les conducteurs de dimension incorrecte, les soudures mal exécutées, les court-circuits et les masses.

Avec cet ohmmètre, chaque lecture a une signification, car elle traduit la résistance du circuit d'une électrode à l'autre. Avec cet appareil, il est possible de mesurer la résistance d'une section simple, puis la résistance entre lames essayées, en utilisant des tables suivant que le bobinage est imbriqué ou ondulé, ce qui permet de déterminer le nombre de sections en série entre les lames essayées.

Une série de lectures relevées au moyen de cet ohmmètre sur un induit peut être conservée comme base de comparaison pour surveiller l'état de l'induit au cours de son utilisation. Une lecture plus élevée indique que des connexions soudées sont en train de se détériorer, etc.

Par exemple, un moteur neuf, après un usage de quelques mois, eut un palier détérioré et dut être démonté. Un essai au grogneur montra que l'induit était toujours en bon état, mais un essai lame par lame montra que 21 lames avaient commencé à se souder aux ailettes. Autrement dit, l'induit avait 21 résistances de contact qui, par échauffement, auraient amené un grillage rapide de l'induit.

Cet ohmmètre sera très utile dans tout atelier de bobinage ou de rebobinage dont la production annuelle d'induits est importante.

DEUXIÈME PARTIE

PROCÉDÉ DE REBOBINAGE DES PETITS MOTEURS MONOPHASÉS A COURANT ALTERNATIF

CHAPITRE XXI

VÉRIFICATION ET REPÉRAGE DES DÉFAUTS DES PETITS MOTEURS A COURANT ALTERNATIF LORS DE LEUR ARRIVÉE DANS L'ATELIER DE RÉPARATION

Avant de procéder au débobinage d'un petit moteur à courant alternatif qui arrive dans l'atelier pour y être réparé, on devra lui faire subir un examen général approfondi. Du fait du prix d'achat très réduit des moteurs neufs de ce type, le coût de la réparation doit rester aussi bas qu'il est compatible avec une bonne exécution. Dans quelques cas, les réparations nécessaires dépasseront le prix d'un moteur neuf, ou le moteur ne vaudra pas la peine d'être réparé. Un examen général permettra de repérer la plupart des défauts mécaniques et des dérangements électriques, tels que huile dans l'interrupteur, pièces d'interrupteur voilées ou collées, etc. Nous entendons par interrupteur le dispositif de rupture centrifuge utilisé dans les circuits de démarrage des moteurs à phase auxiliaire. Cet examen montrera les paliers usés, les bobinages de démarrage ou de marche grillés, ou les bobines imprégnées d'eau. Ces défauts sont facilement trouvés, mais il arrive qu'un moteur qui paraît en bonnes conditions ne fonctionne pas correctement.

Recherche des défauts quand le moteur ne démarre pas. — Quand un moteur n'a pas présenté de défauts visibles lors de l'examen de réception, il faut lui appliquer une tension égale ou double de la tension normale de fonctionnement (courant alternatif) entre masse et enroulements. Si les enroulements résistent à cet essai et que le dérangement ne se manifeste pas, il faut le localiser en utilisant d'autres méthodes. Si les roulements sont en bon état et si les bobinages et les connexions semblent sans défaut, lancez le moteur à sa vitesse et branchez-le sur le réseau. On peut amener le moteur à sa vitesse en enroulant sur l'arbre une certaine longueur de ruban de coton ou de cordelette, puis on tire brusquement. Si, après avoir démarré le moteur de cette

façon, il fonctionne sans bruits anormaux et sans chauffer, l'enroulement de travail est en bon état et la défaillance au démarrage est probablement due à une rupture du circuit de démarrage. Démontez alors les flasques et le rotor, puis sonnez chaque partie de l'enroulement avec une lampe témoin, des amenées de courant à l'interrupteur, de ce dernier aux sections, puis chaque section isolément jusqu'au moment où vous aurez trouvé le circuit coupé.

Si le moteur, lancé à la corde, ne démarre pas, mais s'il tend à s'immobiliser en ronflant, il y a probablement un court-circuit dans l'enroulement de travail. Dans ce cas, démontez les flasques et le rotor et reliez au secteur l'enroulement de travail. Placez la lame d'un tournevis contre le fer au centre du circuit magnétique de chaque section, pour essayer sa force magnétisante. La section qui exerce l'attraction la plus faible est celle qui se trouve en court-circuit. Il ne faut pas, lors de cet essai, laisser trop longtemps les enroulements sous tension, afin d'éviter leur échauffement. On peut vérifier les stators des petits moteurs au moyen d'un grogneur du même type que celui utilisé pour les essais de gros moteurs.

Recherche des défauts quand le moteur démarre mais n'a pas de puissance. — Si les enroulements semblent en bonne condition mais si le moteur ne peut pas donner de puissance, examinez le rotor pour être certain que le contact des barres entre elles est bon; ressoudez les barres dessoudées. Quelquefois, le moteur démarre mais ne peut atteindre sa vitesse parce que les ressorts du coupleur centrifuge sont trop faibles ou fatigués, et ils mettent hors circuit l'enroulement de démarrage avant que le moteur n'ait atteint sa vitesse d'accrochage, ou sa vitesse de marche normale.

Si le dérangement ne peut être déterminé par aucune des méthodes citées ci-dessus, il sera bon de lire les chapitres suivants pour comprendre comment les enroulements sont disposés et connectés. Une bonne connaissance des enroulements aidera souvent à saisir exactement quel est le dérangement cherché.

Incidents provoqués par l'interrupteur centrifuge. — Lorsque cet interrupteur reste collé dans la position ouverte et que le moteur se trouve branché sur le secteur, les enroulements de travail grilleront avant même que les fusibles sautent. Quand l'interrupteur reste collé en position fermée, le moteur démarrera, mais les enroulements de démarrage grilleront, parce qu'ils

restent alors branchés sur le secteur, au bout d'un certain temps. Un enroulement de démarrage est plus facile à remplacer qu'un enroulement de travail, car le premier est bobiné de sommet à sommet des encoches de l'enroulement de travail. Très souvent, une bobine de démarrage grillée détériore la section de travail sur laquelle elle se trouve. Ce cas se présente en particulier lorsque le moteur fonctionne un certain temps avec l'interrupteur centrifuge collé.

Causes de non démarrage d'un moteur à répulsion. — Dans ce type de moteur, la défaillance au démarrage est due bien souvent au raccourcissement des balais, par usure, ce qui affaiblit la pression des ressorts. Une légère pression du mécanisme centrifuge peut alors faire quitter aux balais le contact avec le collecteur avant que la vitesse normale de marche ne soit atteinte. Pour vérifier ce défaut, placer sous chaque ressort de petits taquets de bois de 3 à 6 mm d'épaisseur. On rétablit ainsi la pression des ressorts. Une autre cause de défaillance au démarrage provient d'un décalage accidentel des balais qui ne sont plus sur la ligne neutre. Pour les remettre en position, opérez de la façon suivante : prenez un jeu de balais neufs, et biseautez-les pour diminuer leur largeur à 1,6 mm. Il n'est pas nécessaire d'amincir toute la hauteur du balai; il suffit que la base du biseau se trouve à 3 millimètres au-dessus de la partie trottante. Une fois ces balais en place, examinez l'induit pour situer approximativement la position de la ligne neutre, c'est-à-dire suivez la direction générale des conducteurs de la bobine qui se trouve dans la zone neutre du champ magnétique. Les balais devraient porter sur les lames reliées à cette section. Appliquez alors la tension totale du réseau au moteur, et déplacez les porte-balais jusqu'au moment où le moteur ne tourne pas. Marquez ce point sur la flasque et sur le porte-balai, comme repère de la ligne neutre. Si l'on décale alors le porte-balai de 6 millimètres environ à droite ou à gauche de cette position, l'induit devrait se mettre en mouvement, soit dans le sens des aiguilles d'une montre, soit en sens inverse, suivant le sens du décalage : en passant d'une position décalée à l'autre, on inverse le sens de rotation de l'induit.

Recherche des défaillances dans les moteurs universels. — Il existe deux types différents de moteurs universels. L'un d'eux est le moteur série, avec inducteur feuilleté, que l'on peut examiner comme s'il s'agissait d'un moteur à courant continu, tandis que le second type est dit série-compensé, utilisé dans les

perceuses, etc. Ce dernier moteur a un champ statorique identique à celui des moteurs à induction.

Le dérangement le plus fréquent d'un moteur universel est le décalage de l'inducteur dans la carcasse, ce qui se traduit par un décalage des balais en dehors de leur position normale. Dans les petits modèles, les balais sont souvent décalés en arrière par rapport à la ligne neutre, et l'enroulement est à pas cordé. Il en résulte que la meilleure façon de replacer les balais consiste à démonter la flasque côté collecteur, puis de la remettre de telle sorte qu'il soit possible de faire tourner le moteur, après l'avoir

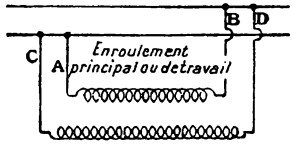


FIG. 225. — Connexions à croiser pour inverser le sens de rotation d'un moteur monophasé à deux enroulements.

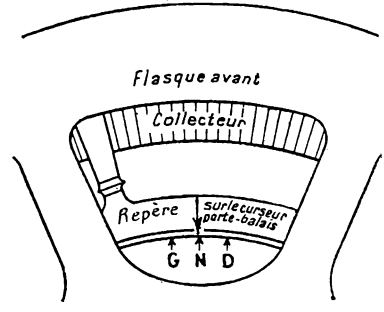


FIG. 226. — Repérage du sens de rotation d'un moteur à répulsion.

légèrement décalée. Il est préférable, autant que possible, d'utiliser du courant continu; on décale alors balais et flasque jusqu'au moment où le moteur développe son couple maximum, en même temps qu'échauffement et crachements aux balais sont réduits au minimum. Quand cette position a été déterminée, notez le décalage entre les trous de boulons dans la flasque et dans la carcasse; tournez alors le stator dans la carcasse d'une même quantité dans le même sens.

Moteurs monophasés à phase auxiliaire. — Ils ont deux enroulements distincts, un enroulement de marche, dit enroulement principal, et un enroulement auxiliaire, à haute résistance, et qui sont montés comme indiqué figure 225. Le sens de rotation du moteur est inversé en croisant les connexions de l'un de ces enroulements, mais non les deux; il suffit de croiser C et D, ou A et B. La raison de ce croisement est la même que dans les moteurs biphasés — une des phases est croisée par l'interversion de ses connexions.

Moteur à démarrage en moteur à répulsion. — Ils ont un bobinage d'induit, un collecteur et des porte-balais identiques aux moteurs à courant continu, mais les porte-balais sont court-circuités par le bras qui les supporte. Le changement du sens de rotation de ces moteurs s'obtient en décalant le bras porte-balais, comme on peut le voir sur la figure 226. Une flèche, venue de fonderie avec ce bras, peut être amenée en face de trois marques sur la flasque, qui est évidemment fixe. La marque centrale est connue sous le nom de ligne neutre et, quand la flèche est devant cette marque, le moteur ne démarre ni dans un sens ni dans l'autre. Quand le support des balais est décalé d'un côté de cette marque ou de l'autre, le moteur démarre dans un sens ou dans l'autre (marques G et D, figure 226).

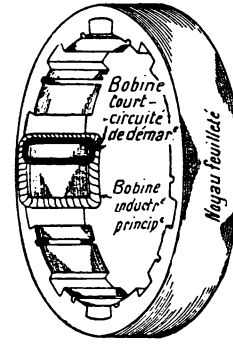


FIG. 227. — Construction de l'inducteur d'un moteur monophasé avec bobines écrans de démarrage.

Moteurs à bobines-écrans. — Ils n'ont qu'un enroulement, relié au secteur, et il est évident que le croisement des connexions ne se traduira pas par une inversion du sens de rotation. La seule méthode serait de déplacer les bobines-écrans d'un côté du pôle à l'autre. En fait, un tel décalage serait assez difficile à accomplir. Le plus souvent, il est plus simple de retourner l'inducteur entre les flasques; on peut également retourner simplement les inducteurs dans la carcasse.

Les moteurs série à collecteur inversent leur sens de rotation en inversant le sens de passage du courant dans l'inducteur ou dans l'induit.

CHAPITRE XXII

DONNÉES A RELEVER AVANT DE DÉBOBINER UN PETIT MOTEUR A COURANT ALTERNATIF

Les indications du chapitre II sur la façon de relever les renseignements et données nécessaires au rebobinage des petits moteurs à courant continu s'appliquent le plus souvent aux petits moteurs à courant alternatif. Nous ne donnons dans ce chapitre que les caractéristiques particulières aux petits moteurs à courant alternatif.

Dès que l'on sait que le moteur considéré doit être rebobiné, la première chose à faire est de noter les caractéristiques de l'ancien bobinage sur une fiche de travail. Une excellente méthode consiste à utiliser des cartons individuels pour chaque moteur, comme nous l'avons mentionné au chapitre II, dont la figure 228 A peut donner une idée. Lors du relevé des données d'un moteur à courant alternatif, il ne faut pas oublier les caractéristiques suivantes : quand toutes ces données ne se trouvent pas sur la plaque du moteur, il est bon d'essayer de les obtenir du constructeur, afin de remplir la fiche de travail en totalité. Cette fiche cette fiche peut par la suite faciliter le travail du relevé sur un autre moteur :

(1) Nom et adresse du constructeur; (2) puissance; (3) tension; (4) intensité par borne ou conducteur; (5) nombre de phases; (6) fréquence du courant; (7) vitesse de rotation à pleine charge; (8) température au-dessus de l'ambiance atteinte en marche normale; (9) numéro de fabrication; (10) numéro de série; (11) numéro de carcasse.

Une fois que ces données ont été relevées, notez les caractéristiques du bobinage (connexions), le nombre de sections, et tous autres détails représentés sur les cartes de la figure 228. Les méthodes de relevé de ces détails sont données dans les paragraphes suivants.

Une fois que la carte a été totalement remplie et le travail terminé, elle devrait être classée par marque de fabricant

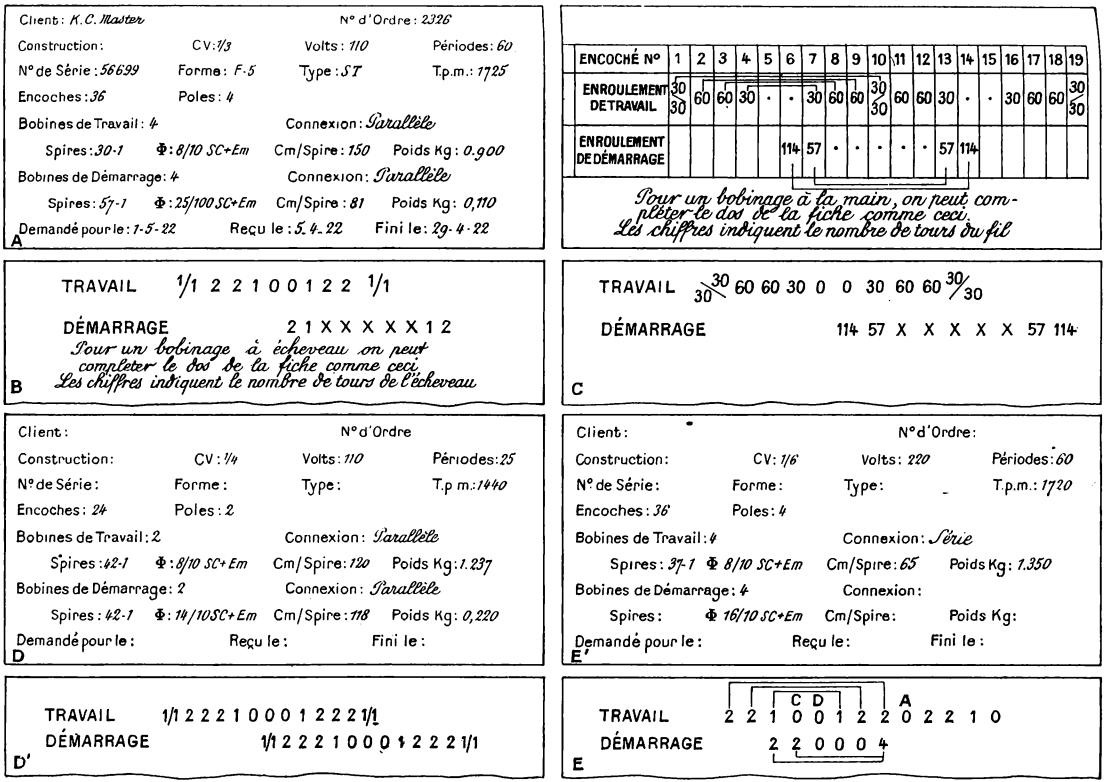


FIG. 228. — Fiche de bobinage pour petits moteurs à courant alternatif. Utilisez des cartes de 75 × 125 mm, comme indiqué. A est le recto de la carte ; à sa droite est représenté le verso. On note sur le verso le nombre de fois où l'écheveau est passé dans les encoches. Le même bobinage est indiqué en B et C, qui montre le verso de la carte rempli suivant deux méthodes différentes. L'illustration à droite de A donne une méthode plus complète qui renferme les mêmes détails qu'en C. Les nombres donnent le nombre de spires par encoche. Pour un débutant, il peut être préférable de suivre la méthode indiquée à droite de A, car elle indique plus clairement le nombre de spires par encoche. En D, on a relevé les données pour un moteur bipolaire, et en E, pour un moteur bobiné en écheveau dont les sections ne se recouvrent pas.

(Westinghouse, General Electric, etc.). Pour chaque marque, toutes les cartes devraient être classées par type de moteur puis, finalement, pour chaque type, par puissance. Quand un classement de ce type a été établi, il faut le consulter dès qu'un moteur a été amené à rebobiner, et chaque fois qu'on trouve un moteur qui a déjà été refait, on économise le temps nécessaire au relevé de toutes ces indications.

Comment relever les données du bobinage d'un vieux moteur. — Après transcription de tous les renseignements portés sur la plaque signalétique de la machine, on devra noter le nombre d'encoches, l'alésage, la longueur du fer du stator, et rechercher si les sections sont montées en série ou en parallèle, etc. Pour rendre plus facile le débobinage du stator ainsi que le relevé des données du bobinage, brancher le stator sur le réseau jusqu'au moment où ses conducteurs fument; on amollit ainsi le vernis et la vieille graisse, ce qui permet de tirer les fils plus commodément.

Il faut d'abord relever les données de l'enroulement de démarrage, parce qu'il est le plus souvent de sommet à sommet. La plupart des enroulements de démarrage sont bobinés en écheveau. Lors du relevé des données, soulevez les têtes des sections de l'enroulement de démarrage pour voir quel est le nombre d'encoches qui sépare les deux parties actives de la section, ainsi que la disposition de l'écheveau dans les encoches. Notez tous ces détails. Sur la figure 228 A, l'enroulement de démarrage est décalé de cinq encoches, comme l'indiquent les points, et les encoches 7 et 13 contiennent chacune un des côtés de l'écheveau. Les encoches 6 et 14 sont traversées deux fois par l'écheveau. Il n'y a pas chevauchement des sections de démarrage les unes sur les autres.

Il est très important, avant de débobiner un moteur à répulsion, de repérer les encoches où commencent les débuts de pôles. Le moteur doit être rebobiné de manière que l'axe des pôles se trouve dans la même position par rapport aux balais que dans le bobinage primitif.

On relève ensuite les données concernant l'enroulement de marche, ou enroulement principal. Cet enroulement peut être soit exécuté à la main, soit en écheveau. Un simple examen permet de faire la discrimination; l'enroulement en écheveau montre des têtes de sections qui se croisent, tandis que l'enroulement à la main est beaucoup plus net et uniforme. Les données de la figure 228 A montrent que les encoches 4 et 7, qui intéressent

l'enroulement principal, comportent 30 spires. Les encoches 2, 3, 8 et 9 ont 60 spires, ce qui montre que l'écheveau passe deux fois dans ces encoches. La ligne de division dans les encoches 1 et 10 montre que les sections se chevauchent. Les données relevées montrent également la position de l'enroulement principal par rapport à l'enroulement de démarrage. Tous ces détails doivent figurer sur la carte de rebobinage. Les cartes B et C de la figure 228 montrent une méthode plus simple de relever les caractéristiques d'un bobinage, mais cette méthode ne doit être utilisée que par les bobineurs ayant une certaine expérience.

Caractéristiques nécessaires à l'exécution des bobinages à la main ou en écheveau. — Il est bon de respecter les règles suivantes dans le cas du bobinage à main : notez le nombre de spires par encoches, comme on voit en A et à la partie supérieure de 6, figure 228. Dans le cas d'un bobinage en écheveau, notez le nombre de fois où l'écheveau passe dans chaque encoche, comme on le voit en B et à la partie inférieure de C, figure 228. Les caractéristiques du bobinage de marche doivent se trouver à la partie supérieure, et celles du bobinage de démarrage à la partie inférieure. Quand les sections se chevauchent, utilisez un trait de fraction, comme sur la figure. Notez que l'on a toujours indiqué les qualités de fil, ainsi que le poids utilisé. La longueur de l'écheveau est la longueur de l'écheveau terminé, et non la longueur de fil utilisé.

La carte D de la figure 228 concerne un moteur bipolaire. La carte E, même figure, est celle d'un moteur tétrapolaire bobiné en écheveau dans lequel les sections ne se chevauchent pas. Dans ce cas, on voit qu'il y a une encoche entre les bobines adjacentes de l'enroulement principal, et que l'enroulement de démarrage passe quatre fois dans l'encoche. De même, l'écheveau passe deux fois dans les encoches C et A, ainsi que dans les encoches D et A, soit au total, quatre fois dans A, deux fois dans C et deux fois dans D. On pourrait éventuellement connecter ce bobinage pour exécuter un moteur à huit pôles.

Relevé des caractéristiques avant débobinage d'un stator. — En plus des détails mentionnés dans les paragraphes précédents, les points suivants devraient être notés avant le débobinage du stator : (1) schéma de branchement des bobines à l'interrupteur de démarrage et aux bornes; (2) pas des sections dans les encoches; (3) diamètres des fils utilisés; (4) mode d'isolement des conducteurs, simple ou double couche coton, émail, etc.; (5) épaisseur de l'isolement d'encoche et qualité; (6) remplissage

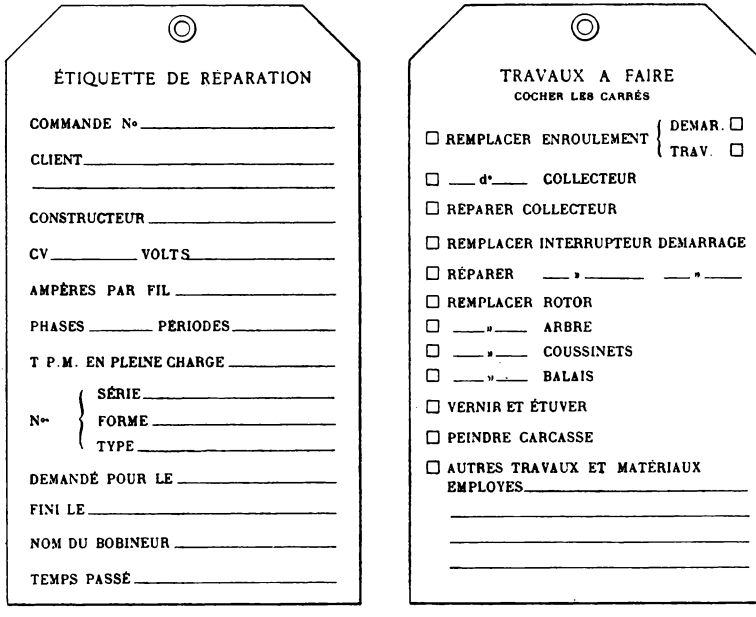


FIG. 229. — Face et dos d'étiquette montrant les données à enregistrer avant de débobiner un petit moteur.

Cette étiquette restera attachée au moteur jusqu'à ce que les réparations soient terminées et le travail vérifié.

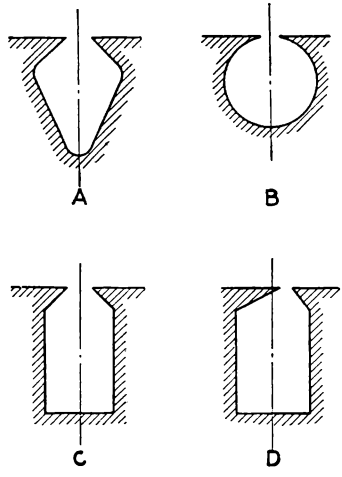


FIG. 230.— Différentes formes d'encoches employées dans les petits stators à courant alternatif.

La forme A demande du soin dans le bobinage car la forme en coin du fond de l'encoche facilite la rupture de l'isolant, lorsqu'on enfonce dans l'encoche la demi bobine supérieure. La forme B est facile à isoler et a bobiner. La forme D, avec la fente déportée sur le côté, est difficile à bobiner et à isoler.

des encoches (partiel ou total). On peut ainsi voir s'il est possible d'augmenter l'isolement des encoches ou du fil.

Les moteurs modernes sont étudiés de façon à donner le maximum de puissance avec le minimum de matériaux; il en résulte que l'emplacement réservé aux têtes de sections est très limité. Par suite, avant de débobiner, notez encore (7) le diamètre total des têtes de sections; (8) la longueur dont elles dépassent du circuit magnétique et (9) la distance entre la partie intérieure des têtes de sections et l'entrefer, etc.

CHAPITRE XXIII

ISOLEMENT DES TOLES ET DES ENROULEMENTS, QUALITÉS EMPLOYÉES POUR MOTEURS MONOPHASÉS

Comme dans le cas des petits moteurs à courant continu, les encoches d'un stator de moteur à courant alternatif doivent être soigneusement nettoyées du vieil isolant et du vernis, et toutes les bavures et arêtes rugueuses doivent être enlevées à la lime. Les encoches se trouvent alors prêtes à recevoir leur isolant. On utilise plusieurs méthodes d'isolement des encoches de petits moteurs, à savoir le fish papier seul; le fish papier associé à la toile huilée; un isolant composite[1].

Isolement des encoches au fish papier seulement. — Quand on utilise seulement du fish papier, son épaisseur doit être d'environ 0,38 mm, et il doit dépasser d'au moins 3 mm les pièces de fibre qui recouvrent les tôles. Ses dimensions devraient de plus être telles qu'il affleure aux dents, autrement dit, il ne doit pas obstruer l'ouverture de l'encoche pendant le bobinage. L'isolant devrait, évidemment, être autant que possible mis en forme pour s'adapter à la forme de l'encoche. Une fois l'encoche remplie, une cale de fibre de 0,8 à 1,6 mm est introduite sous les dents, entre la dent et le fish papier. Cette cale, de largeur appropriée, doit dépasser les pièces de fibre qui recouvrent les tôles d'au moins 3 mm.

L'enroulement de démarrage d'un moteur à phase auxiliaire doit être isolé de l'enroulement principal quand les deux ont des encoches communes soit au moyen d'une cale de fibre, soit au moyen d'un autre isolant d'encoche en fish papier. Dans ce cas, le premier isolant d'encoche doit être replié sur la première section mise en place, et le second isolant prend place au-dessus du premier. L'enroulement de démarrage doit être isolé, côté têtes de sections, de l'enroulement principal, au moyen de toile huilée légère, surtout quand il y a un travail de formage important des

(1) Bisolites, voir chapitre III.

têtes de section. Quand il n'y a aucun formage à donner aux têtes de section, il est inutile d'isoler les deux enroulements, celui qui recouvre le fil étant très suffisant, en tenant compte du vernissage final.

Isolement des encoches au fish papier et à la toile huilée. — Coupez des pièces de fish papier de 0,14 mm d'épaisseur pour garnir les encoches. Ces pièces devraient dépasser de l'encoche de 3 mm minimum et arriver juste au sommet de l'encoche. Après cet isolant, un morceau de toile tannée huilée de même forme est disposé sur le premier isolant, en s'aidant, pour faciliter le glissement, de fish papier de 0,14 mm. Quand les sections se chevauchent, la section supérieure d'une encoche devrait être disposée dans un isolant de toile huilée qui dépasse de 12 à 25 mm la longueur de l'encoche, pour protéger les sections les unes des autres. Une fois les sections en place, on coupe la toile qui dépasse de l'encoche, on la replie sur cette dernière, et on dispose une cale de fibre comme dans le cas précédent. De même, quand une encoche comporte à la fois une section de démarrage et une section d'enroulement principal, il faut les séparer par une couche de toile huilée de 0,125 à 0,14 mm d'épaisseur. L'emploi de tissu de verre traité de 0,125 mm d'épaisseur est à recommander. La raison en est que neuf fois sur dix l'enroulement détérioré est l'enroulement de démarrage; dans certains cas, il est totalement grillé; s'il n'y a aucun isolant entre phase auxiliaire et phase principale, un tel échauffement se traduit par des court-circuits qui grillent à leur tour l'enroulement principal. L'emploi de tissu de verre limite les dégâts à la phase auxiliaire seule. Cette dernière se trouve presque toujours au sommet, et c'est la plus facile à enlever et à rebobiner.

Lorsque vous coupez le fish papier pour garnir les encoches, assurez-vous que le sens des fibres est bien parallèle à la longueur de l'encoche. Si l'on utilise de la toile huilée ou un isolant favorisant le glissement conjointement au fish papier, il faut le couper au niveau de l'encoche. Le seul matériau sortant de l'encoche sera alors les deux côtés de la toile huilée. Il est important, lors de l'exécution d'un bobinage en écheveau, d'avoir un isolant qui dépasse de l'encoche pour protéger le fil lors de sa mise en place.

Isolement des encoches au moyen d'un matériau composite[1]. — On peut utiliser un isolant composite dans le cas de moteurs rebobinés à la main, isolant qui sera coupé au ras de l'encoche,

(1) Bisolite.

pour que toute l'ouverture de cette dernière reste disponible. Le matériau composite doit être tourné de telle sorte que le papier se trouve en contact avec les tôles du circuit magnétique afin de protéger la toile huilée. Il est facile de guider l'introduction du fil dans l'encoche sans endommager l'isolant du fil.

Vernissage et étuvage des enroulements. — Tous les petits moteurs devraient être immergés dans du vernis et étuvés une fois totalement rebobinés et isolés. N'importe quelle qualité de vernis ne durcissant pas trop à la cuisson donnera satisfaction. Certains vernis nécessitent un étuvage plus long que d'autres, et certains demandent une température plus élevée, mais, en aucun cas, l'étuvage ne doit se faire à plus de 150° C; il ne doit jamais durer moins de quatre heures. Une bonne précaution consiste à étuver de quatre à huit heures. Il faut préchauffer l'enroulement pendant une heure à 150° C avant de l'immerger dans le vernis, puis le laisser refroidir à la température ambiante pour que le séchage soit total. Il doit alors être immédiatement immergé dans le vernis isolant, dans lequel il reste jusqu'au moment où le dégagement de bulles a cessé. Une fois retiré, il est laissé dehors de trente à quarante minutes pour s'égoutter.

Liaison des têtes de bobines avec de la ficelle. — Il est de pratique courante d'enrubanner les têtes de bobines avec du ruban de coton. En général, sauf dans le cas où le bobinage est exposé à la poussière, etc., une telle précaution est inutile, mais il faut attacher ensemble les têtes de bobines avec de la ficelle.

On attache entre eux les enroulements une fois que les connexions sont terminées et que tous les conducteurs se trouvent à leur place. On utilise de la ficelle de 0,8 mm environ. Pour faciliter le passage de cette ficelle entre têtes de bobines et circuit magnétique, on peut utiliser une aiguille constituée par un fil de cuivre nu de 1 mm de diamètre, dont les deux extrémités sont torsadées.

Anneaux de protection. — Pour empêcher les têtes de bobine en saillie de frotter sur le circuit magnétique, et provoquer ainsi des masses, on découpera des anneaux de fibres de 1,6 mm d'épaisseur, aux cotes des faces latérales du stator, que l'on collera à la gomme laque contre le fer.

Pour les autres types d'isolement, reportez-vous au chapitre III, première partie. Les chapitres suivants décriront les isolements utilisés en classe A et B, ainsi que les isolements aux silicones. Chacun pourra ainsi choisir le mode d'isolement adapté au cas considéré.

CHAPITRE XXIV

BOBINAGE DES STATORS EN ÉCHEVEAU

On peut pratiquement utiliser dans tous les petits moteurs à courant alternatif des fils isolés sous couche de coton simple ou des fils sous émail. Une fois que la longueur de l'écheveau a été déterminée en utilisant les données du chapitre XXII, il suffit de

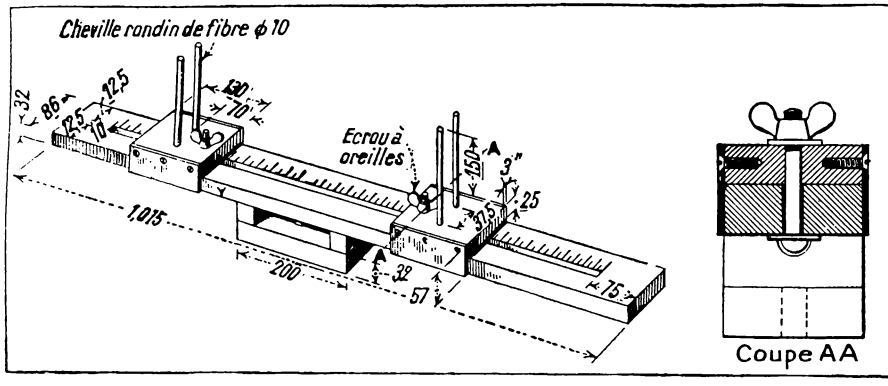


FIG. 231. — Détails de construction d'une navette ajustable pour confectionner les écheveaux.

le bobiner au moyen d'une navette du modèle représenté sur la figure 231. Les tiges sont réglées à la distance voulue, et l'on fait tourner la navette sur son axe jusqu'au moment où l'on a bobiné le nombre de spires voulu. On enlève alors l'écheveau et on le met en place dans les encoches du stator.

Mise en place d'un écheveau sur le stator. — Les schémas de la figure 232 montrent les différents stades de la mise en place d'un écheveau dans les encoches du stator. La figure 233 représente un stator bipolaire avec un écheveau en place, tandis qu'un autre n'est que partiellement bobiné. La même figure montre également ce que l'on nomme « écheveau divisé ». Quand le diamètre du fil est supérieur à 0,9 mm et que le nombre de spires

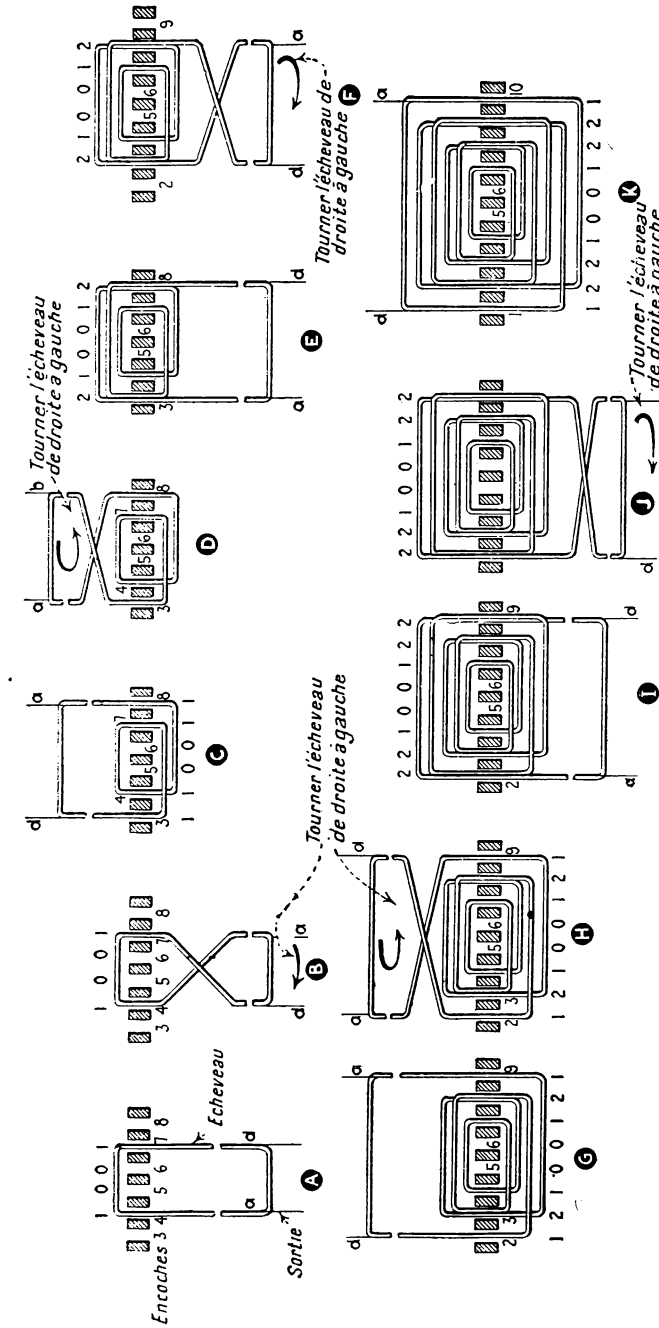


FIG. 232. — Phases successives du placement d'un écheveau, depuis le commencement jusqu'à la fin.
Cet enroulement constitue l'enroulement de travail du moteur dont les données sont indiquées en A et B de la figure 75.

donne un écheveau de plus de 12,5 mm au carré, on bobine l'écheveau en deux parties pour en faciliter la manutention.

Les différents stades du bobinage de l'écheveau de la figure 232 sont conformes à ceux qui ont été donnés en A et B sur la figure 228. En A, figure 232, on voit l'écheveau disposé dans les encoches 4 et 7, les sorties de l'écheveau se trouvant à la partie inférieure du schéma. Ceci est confirmé par les données médianes de la figure 228 A. Ces données, 1-0-0-1, montrent que l'on doit commencer par les encoches 4 et 7. Les deux encoches comprises entre 4 et 7 restent vides.

Comment commencer l'enroulement à l'endroit voulu du stator. — Il est nécessaire, dans la plupart des cas, de commencer l'enroulement à un endroit bien déterminé du stator. Dans le cas des moteurs à répulsion, les sections doivent être remises exactement à l'emplacement occupé par les sections primitives. Si elles sont décalées par rapport aux porte-balais, il peut être difficile de disposer les balais de manière que le moteur fonctionne correctement. Il faudra alors repérer de nouveau la ligne neutre sur le porte-balai, ainsi que les deux lignes de fonctionnement. Si les bobines sont par trop décalées, il peut être impossible de décaler correctement les balais pour avoir un bon fonctionnement.

Quel que soit le moteur rebobiné, il faut faire attention à disposer le bobinage de telle sorte qu'il ne frotte pas, une fois terminé, sur les boulons qui serrent le circuit magnétique. La figure 233 montre comment doit être disposée une section pour que la partie épaisse des têtes de section tombent entre les boulons. Si l'on n'observe pas cette précaution, la partie haute du bobinage frottera sur ces boulons ou goujons, ce qui se traduira par une détérioration rapide. La figure 233 représente un stator bipolaire, l'un des plus difficiles à rebobiner et à former. La section supérieure montre comment doit être disposé le bobinage dans le cas d'un moteur bipolaire. La section inférieure montre le début d'un bobinage correct de moteur tétrapolaire. En règle générale, l'emplacement des sections dans le cas d'un moteur bipolaire à quatre goujons est déterminé en faisant commencer la section extérieure dans les encoches équidistantes des goujons. Dans le cas d'un moteur tétrapolaire à quatre boulons, les sections extérieures, c'est-à-dire celles qui sont mises en place en dernier lieu, doivent être placées dans les encoches situées en face des boulons.

Les premiers tours de l'écheveau doivent être façonnés de telle

sorte qu'ils épousent la courbure de l'alésage du stator. Il faut les replier pour laisser la place de l'enroulement de démarrage qui viendra se loger au-dessus. La figure 233 illustre la méthode de formage des bobines. Il faut veiller à ce que le fil ne présente ni croisements ni coques. De même, on doit serrer fortement

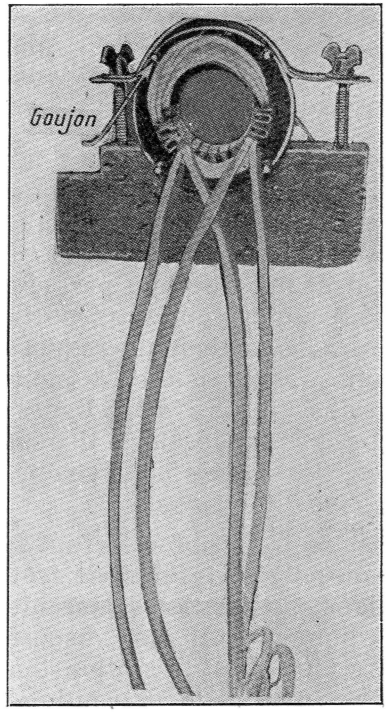


FIG. 233. — Bobinage en écheveau partiellement mis en place sur un moteur bipolaire. Les sections supérieures représentent la moitié de l'enroulement principal, déjà mises en place. L'autre moitié du bobinage est partiellement en place. Ce bobinage est à écheveau divisé. La moitié du bobinage est passée dans l'ouverture du stator, puis l'autre moitié est mise en place dans la même encoche. Notez comment les sections sont disposées par rapport aux goujons qui maintiennent les flasques. La figure montre également un support de stator pratique.

chaque tour contre le circuit magnétique et contre les autres couches de bobinage précédemment mises en place. Si toutes ces précautions ne sont pas observées, il ne restera pas assez de longueur pour effectuer le dernier tour de l'écheveau.

Une fois que le premier tour de l'écheveau a été mis en place, comme on le voit figure 232 A, l'écheveau est croisé comme en B. Le côté droit de l'écheveau passe par-dessus le côté gauche, ce

qui permute les côtés a et d. L'écheveau est alors plié et passé a travers le stator, et le côté a est disposé dans l'encoche 8, tandis que le côté d est disposé dans l'encoche 3, figure 238 C. L'écheveau est de nouveau croisé, comme sur le schéma D, repassé dans l'orifice du stator, et disposé dans les encoches 3 et 8. Le bobinage est alors au stade E, qui est conforme aux indications 2-1-0-0-1-2. En F, on voit l'écheveau croisé, prêt à repasser dans le stator pour remplir les encoches 2 et 9, ce qui est terminé en G.

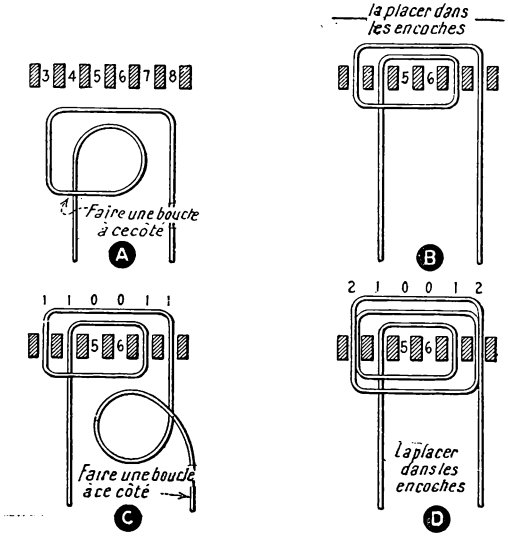


FIG. 234. — Autre méthode de bobinage en écheveau, par boucles successives. Cette méthode est plus commode que celle qui est donnée figure 272, car il n'est pas nécessaire de faire passer tout l'écheveau dans le stator.

Une autre boucle de croisement est exécutée en H, et l'écheveau revient dans les encoches 2 et 9, schéma I. Le reste d'écheveau, de nouveau croisé, remplit les encoches 1 et 10. La section est alors terminée, conformément aux données 1-2-2-1-0-0-1-2-2-1. Le sens de croisement de l'écheveau est sans importance sur la polarité de la bobine.

Méthode simple de mise en place d'un écheveau. — La méthode que nous venons de décrire est celle qui entraîne le moins de possibilités d'erreurs. L'étude de cette méthode donnera une claire compréhension des principes de ce genre de bobinage, ainsi que de la façon dont le stator est habillé. Il existe cependant une méthode plus simple et plus rapide que peuvent utili-

ser les bobineurs expérimentés. Elle ne nécessite pas de faire passer tout l'écheveau dans l'ouverture d'un petit stator; on fait simplement une petite boucle avec l'écheveau, et seule cette boucle est passée à travers l'induit, après quoi elle est mise en place dans les encoches. Le croquis de la figure 234 expose cette méthode, et la figure 239 (chapitre XXV) montre une application du même principe à un bobinage réalisé à la main. Pendant l'utilisation de cette méthode, une boucle de forme identique à la

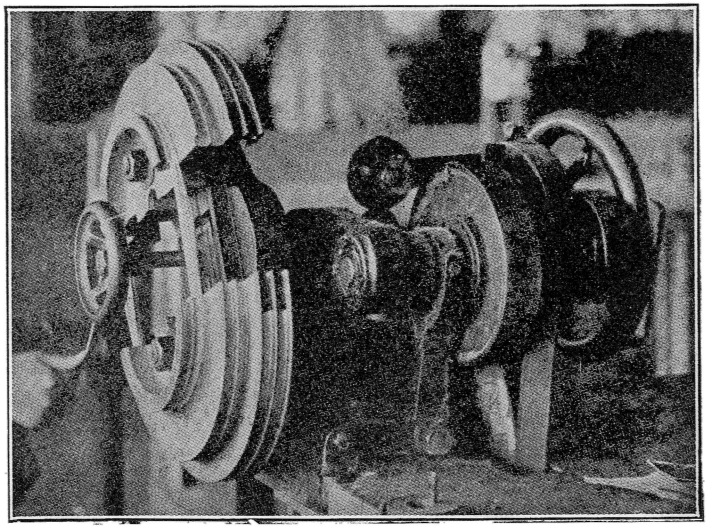


FIG. 235. — Gabarit de bobinage pour écheveaux. Notez qu'il y a deux rainures pour chaque dimension, ce qui permet de bobiner deux écheveaux de même taille, ou un écheveau divisé. Lors du bobinage d'un écheveau divisé, la moitié est bobinée dans une rainure et l'autre moitié dans l'autre, et les deux moitiés sont attachées séparément. Ce gabarit est en deux pièces pour pouvoir être réglé suivant la dimension de l'écheveau à bobiner.

lettre minuscule e est d'abord réalisée au côté de la section, puis elle est glissée dans le stator, après quoi les deux conducteurs qui constituent la boucle sont disposés dans les encoches voulues. On refait alors une boucle identique de l'autre côté de la section, et cette seconde boucle est également passée dans l'ouverture du stator. Un peu de pratique permettra à un bobineur de bien pratiquer cette méthode.

Possibilité d'emploi d'un écheveau divisé. — Comme nous l'avons déjà mentionné, quand on utilise un conducteur de diamètre supérieur à 0,9 mm, et que l'écheveau forme un paquet

carré de plus de 12,5 mm de côté, il faut le bobiner en deux paquets, pour en faciliter la manutention. Lors du bobinage de l'écheveau sur la navette, on ne lui donne que la moitié du nombre de spires voulues; on l'attache alors en deux endroits au moyen d'une ficelle ou d'un ruban. Sans couper le fil, le reste de l'écheveau est alors bobiné sur la navette au-dessus de la première section en laissant un espace entre les deux. Le passage

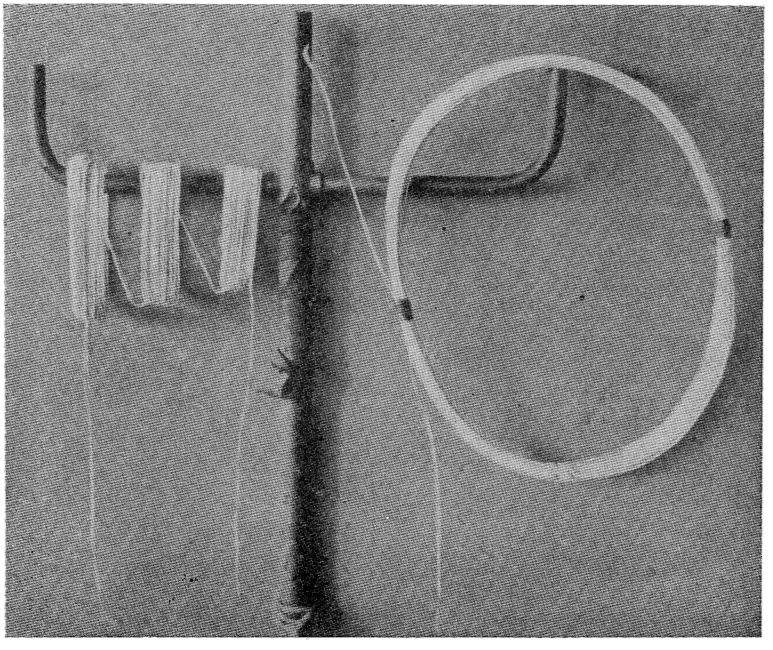


FIG. 236. — Sections bobinées en série ou en écheveau.
Notez les connexions entre les sections bobinées en série.

de la première moitié à la deuxième se fait à l'extrémité opposée aux connexions. On place d'abord dans le stator cette extrémité de l'écheveau ne comportant pas les entrée et sortie, de la même façon qu'avec un écheveau non divisé. Toutefois, dès que les deux premières encoches ont été remplies, on sépare les deux moitiés avant le premier croisement. On croise alors la moitié supérieure de l'écheveau, pour la passer dans le stator, puis on dispose les faisceaux dans les encoches. On croise ensuite l'autre moitié de l'écheveau que l'on fait passer dans le stator, puis on dispose les faisceaux au-dessus des précédents. Après avoir placé les deux moitiés dans les encoches, on retourne le stator et on répète l'opé-

ration. Cette fois, la section inférieure de l'écheveau se trouve au-dessus. On peut voir, figure 233, la section supérieure de l'écheveau croisée et prête à être mise dans les encoches.

Avec l'écheveau divisé, on peut aussi employer la méthode simple, décrite au sujet de l'écheveau non divisé, c'est-à-dire la méthode suivant laquelle on fait passer dans le stator une petite boucle seulement.

Lors de la mise en place du bobinage principal dans les encoches qui comporteront également par la suite le bobinage de la phase

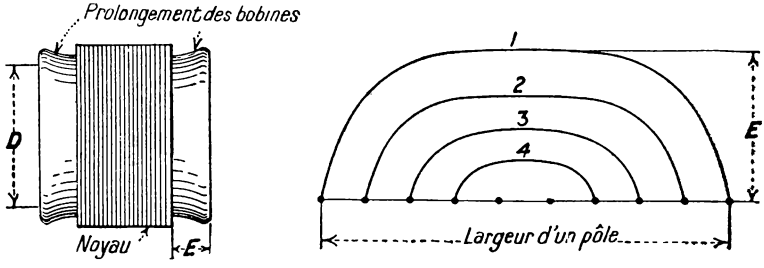


Fig. 237. — Comment trouver la longueur des têtes de bobines qui dépassent de chaque côté des tôles d'induit.

auxiliaire, il faut réserver une place suffisante à leur logement. Il faut dans ce but disposer dans les encoches une ou deux cales en fibre, libres, qui réservent l'emplacement voulu.

En mettant en place un écheveau, après chaque croisement, les fils de chaque section tendent à se croiser et à faire des boucles. Disposez simplement ces boucles dans l'encoche qui vient d'être terminée au moyen du pouce et en s'aidant des autres doigts.

Sortie des conducteurs du stator. — Pour déterminer de quel côté du stator se trouveront les conducteurs dans le cas d'un bobinage en écheveau, comptez combien de fois l'écheveau passe dans les encoches d'un côté d'un pôle. Sur la figure 228, en B, le côté gauche des données de bobinage (ligne supérieure) indique 1-2-2-1, soit 6 au total. Quand le compte est pair, les conducteurs sortent du côté opposé au côté par lequel on a commencé. Sur la figure 232 A, les conducteurs sont dirigés vers la partie inférieure de la page en commençant; à la fin, comme sur la figure 232 K, ces conducteurs se dirigent vers le sommet. Avec un compte impair, les conducteurs se trouvent du côté par lequel on a commencé.

Détermination de la longueur de l'écheveau. — Si on ne peut pas obtenir la longueur de l'écheveau de l'ancien enroulement ou si le moteur a été débobiné sans avoir pu sauver un écheveau complet, on peut obtenir grossièrement la longueur qu'il faut avec un simple fil, par tâtonnement : on place ce fil dans les

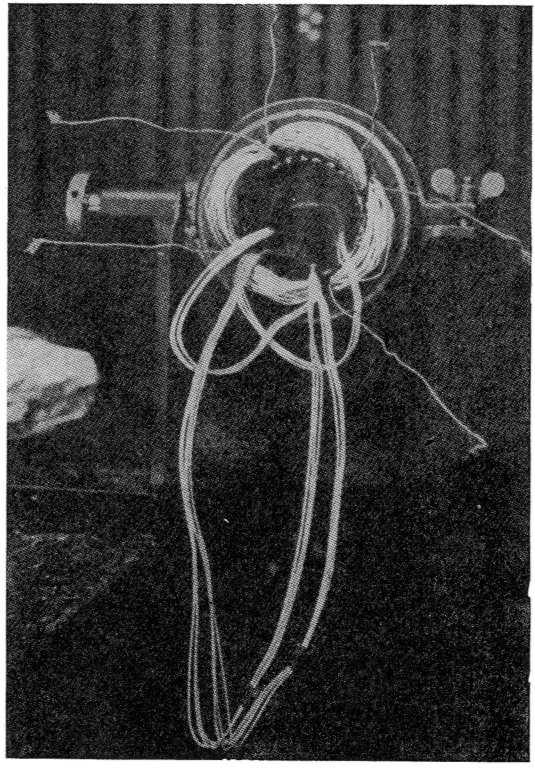


FIG. 238. — Echeveau divisé en cours de bobinage. L'écheveau a été divisé en trois écheveaux moins volumineux. Le premier, ou écheveau inférieur est représenté bouclé et prêt à être mis en place dans les premières encoches, pour diminuer le volume des têtes de sections.

encoches exactement de la même façon que sera placé l'écheveau en laissant le jeu convenable pour le façonnage des têtes de bobine d'une encoche à l'autre. On enlève alors le fil et on mesure sa longueur. On fait un écheveau d'essai suivant cette longueur et on l'enroule dans les encoches. S'il est trop long ou trop court, une correction de plus sera en général suffisante pour que l'écheveau aille bien, et on pourra alors utiliser les données du premier pour confectionner les autres. Cette méthode est plus

rapide et presque aussi satisfaisante, pour trouver la longueur d'un écheveau, que celle qui consiste à la calculer.

Quand un bobinage est tellement brûlé ou endommagé qu'il est impossible de sauver un écheveau complet, il faut noter le nombre de boucles de l'écheveau, ses passages dans chaque encoche, le nombre de spires de l'écheveau et la distance entre l'extrémité des encoches et la partie de la tête de section qui en est la plus éloignée. On mesure alors le diamètre moyen du stator, D, c'est-à-dire le diamètre d'une demi-profondeur d'encoche à la demi-profondeur d'encoche située sur le même diamètre, figure 237. Le pas polaire peut alors être calculé en appliquant la formule :

$$\text{Pas polaire} = 3{,}14 \times \text{D/Nombre de pôles.}$$

Si D est mesuré en centimètres, le pas polaire sera également donné en centimètres; il représente la distance d'une encoche à l'encoche distante d'un pas. Comparez cette distance avec les centres d'encoches les plus proches de cette mesure sur le stator et tracez la vraie distance en centimètres mesurée sur le stator suivant une ligne droite, figure 237. Marquez cette ligne comme « Pas polaire au centre des encoches ». Marquez alors la distance qui sépare une tête de bobine, côté extérieur, de la tôle de l'inducteur, E, et tracez les lignes qui représentent le nombre de fois où l'écheveau est bouclé à travers les encoches. Pliez des conducteurs de cuivre le long des lignes 1, 2, 3 et 4, puis mesurez leur longueur. Multipliez alors cette longueur par le nombre de spires par encoches et ajoutez ces dimensions. On obtient ainsi la longueur de fil nécessaire pour sortir des encoches d'un côté et rentrer dans les autres encoches du même côté. Multipliez par deux et vous avez la longueur de fil formant les têtes de sections. La longueur d'écheveau dans les encoches, ajoutée à celle des têtes de section donne la longueur totale de l'écheveau. La longueur dans les encoches se trouve en mesurant la longueur d'une encoche, multipliée par le nombre de fois où l'écheveau passe à travers le stator, multiplié encore par deux pour tenir compte du fait qu'il remplit deux encoches chaque fois qu'il traverse le stator. A partir de ces dimensions, on peut exécuter un écheveau d'essai que l'on met en place dans les encoches. S'il est trop long ou trop court, il faut faire une correction et le rebobiner. On voit ainsi que cette méthode est aussi approximative que celle qui consiste à essayer avec un conducteur isolé.

CHAPITRE XXV

BOBINAGE DES STATORS A LA MAIN

Dans le bobinage à la main des petits moteurs à courant alternatif, on n'a toujours qu'un seul fil en main. Le fil se dévide d'une botte et il est coupé après chaque section. Ce type de bobinage est utilisé quand le fil est gros, ou quand les encoches sont profondes et étroites. Dans un bobinage à la main, on procède avec le fil en faisant une boucle en forme de lettre e, comme on le voit sur la figure 239.

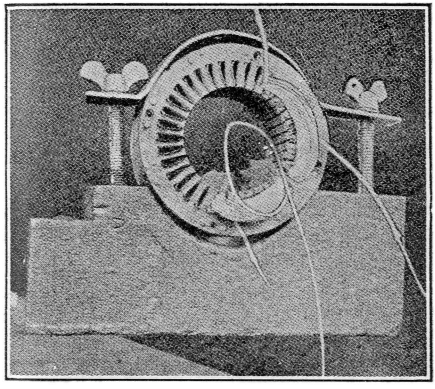


FIG. 239. — Manière de passer le fil dans un bobinage à main. On peut disposer de même manière un bobinage en écheveau, quand le bobineur a quelque expérience.

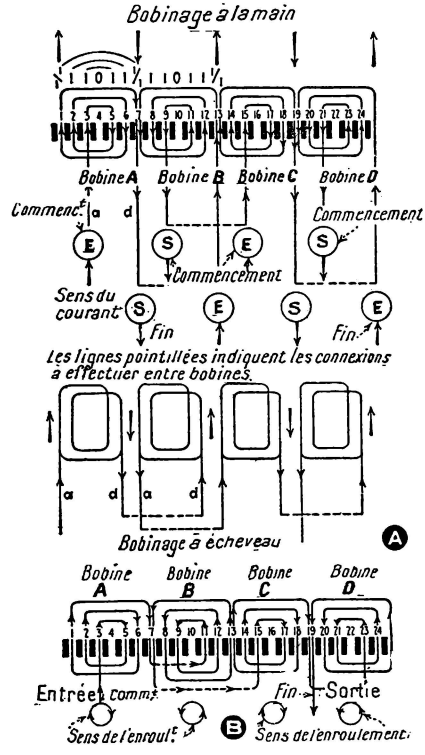


FIG. 240. — Branchement des enroulements à la main et à écheveau suivant la méthode : « Entrée et Sortie ».

On fait habituellement cette boucle avec la main droite; puis on la pousse dans l'ouverture du stator où on la saisit avec

le pouce et l'index de la main gauche pour guider le fil dans l'encoche voulue sur le côté du pôle le plus éloigné du bobineur, figure 239, sur laquelle on voit le fil prêt à entrer dans une encoche. La main gauche guide alors le conducteur dans l'encoche située du côté du bobineur, en le guidant du côté arrière avec cette même main, tandis que le fil est serré par une traction de la main droite.

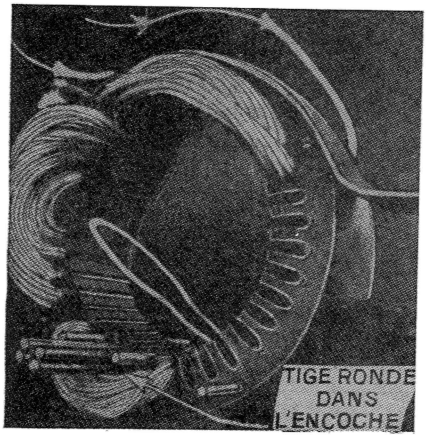


FIG. 241. — Dans le cas d'un bobinage à la main, on dispose des tiges d'acier dans les encoches qui doivent rester libres pendant la mise en place du bobinage principal. Le fil est bobiné en passant au-dessous de ces tiges, qui maintiennent les sections à la cote voulue et conservent la place des enroulements de démarrage.

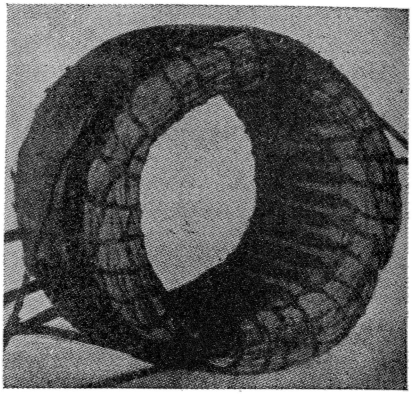


FIG. 242. — Aspect des deux enroulements terminés après ligature. Ce moteur est un moteur 110 volts, 1/8 CV, tétrapolaire, 50 périodes. Les enroulements principaux sont bobinés à la main, tandis que les enroulements de démarrage sont bobinés en écheveau.

Quand on exécute des bobinages à main en série, il est possible de guider le fil au moyen d'un appareil spécial qui permet de le disposer dans les encoches plus rapidement.

Commencement des bobines. — Les bobines mises en place à la main commencent toujours dans les deux encoches intérieures, comme dans le cas d'un bobinage en écheveau. Lorsque ces deux encoches sont garnies, on passe aux deux suivantes. Comme on peut le voir en A, figure 240, les encoches 3 et 5 sont remplies les premières, puis les encoches 2 et 6 et, enfin, les encoches 1 et 7. La dernière section de la bobine B recouvre également la bobine A dans l'encoche 7. Dans le bobinage représenté en A, figure 240, le conducteur est coupé après chaque bobine, et l'extrémité du fil est recouverte d'une gaine. Les bobines sont ensuite

reliées les unes aux autres pour constituer les pôles (voir chapitre XXVI). Chaque bobine est bobinée dans le même sens que la précédente. Par exemple, le fil est en premier lieu disposé dans l'encoche 1, puis revient, après être passé derrière, par l'encoche 5, puis, dans l'ordre, dans les encoches 2, 6, 1 et 7, ce qui donne, dans tous les cas, un bobinage dans le sens des aiguilles d'une montre. Identiquement, les bobines B, C et D sont toutes bobinées dans le même sens.

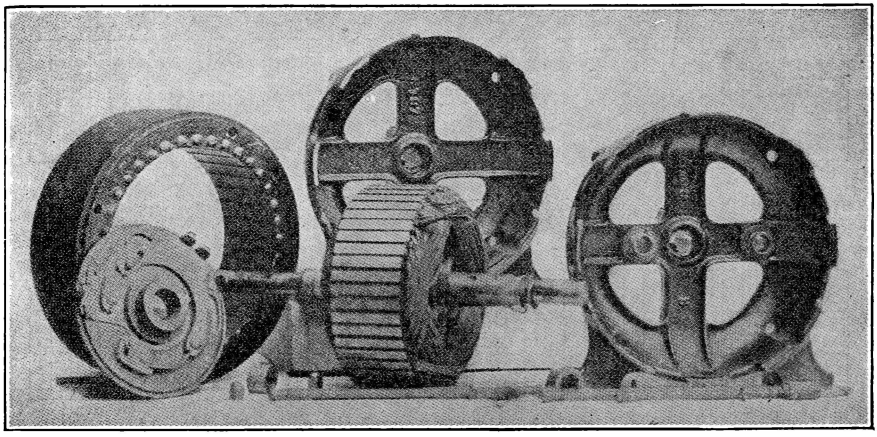
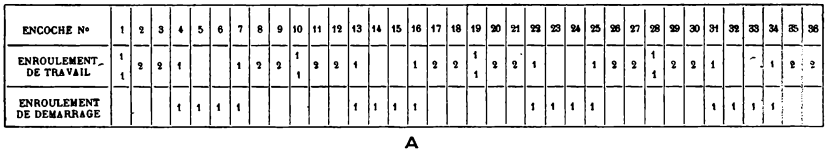


FIG. 243. — Moteur monophasé de 1/4 de CV, avec bobinages sur le rotor. Le bobinage principal est bobiné à la main, tandis que l'enroulement de démarrage est bobiné en écheveau. L'interrupteur centrifuge, sur la gauche de la gravure, est en forme de collecteur ; il comporte deux bagues et trois bornes. L'une des bornes est commune à l'enroulement principal et à l'enroulement de démarrage, la seconde est reliée à l'enroulement principal et la troisième à l'enroulement de démarrage. Le circuit de l'enroulement de démarrage est coupé quand le moteur atteint environ 75 % de sa vitesse.

Comment empêcher les fils de grimper sur le noyau. — Pour empêcher les conducteurs de grimper sur le noyau, il est bon d'utiliser des barres d'acier rondes coupées à une longueur de 200 mm. Elles devraient avoir 3, 4,5 ou 6 mm de diamètre. Il faut qu'elles soient bien libres dans les encoches, sans toutefois pouvoir sortir par les fentes d'encoches. Ces barres sont disposées dans les encoches réservées au bobinage de démarrage, et le fil est passé sous ces barres, comme on peut le voir sur la figure 241. Le fil passe immédiatement sous ces barres, mais les encoches les maintiennent en place de telle sorte qu'il restera assez de place pour le bobinage de démarrage. Les lignes pointillées de la figure 240 montrent comment les conducteurs sont reliés les uns aux autres pour donner la polarité voulue.

Mise en place des sections sans couper le fil entre les bobines. — Il est possible de supprimer certaines soudures entre bobines dans un bobinage à main en bobinant les sections en sens inverse



ENCOCHE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ENROULEMENT DE TRAVAIL	1 1	2	2	1			1	2	2	1 1	2	2	1			1	2	2	1 1	2	2	1			1	2	2	1 1	2	2	1			1	2	2
ENROULEMENT DE DEMARRAGE				1	1	1	1						1	1	1	1							1	1	1	1					1	1	1	1		

A

ENCOCHE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ENROULEMENT DE TRAVAIL	1	1	1				1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1				1	1	1
ENROULEMENT DE DEMARRAGE				2	1 1	2							2	1 1	2							2	1 1	2							2	1 1	2			

B

Fig. 244. — Distribution des bobinages dans un moteur à 4 pôles, 36 encoches.

ENCOCHE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
ENROULEMENT DE TRAVAIL	1 1	2	1		1	2	1 1	2	1		1	2	1 1	2	1		1	2	1 1	2	1		1	2	1 1	2	1		1	2	1 1	2	1		1	2
ENROULEMENT DE DEMARRAGE			2	1 1	2				2	1 1	2				2	1 1	2				2	1 1	2				2	1 1	2				2	1 1	2	

Fig. 245. — Distribution des bobinages dans un moteur à 6 pôles, 36 encoches.

ENCOCHE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ENROULEMENT DE TRAVAIL	1 1	2	2	2	1				1	2	2	2	1 1	2	2	2	1					1	2	2	2
ENROULEMENT DE DEMARRAGE				1	2	2	2	1 1	2	2	2	1				1	2	2	2	1 1	2	2	2	1

Fig. 246. — Distribution des bobinages dans un moteur à 2 pôles, 24 encoches.

ENCOCHE N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ENROULEMENT DE TRAVAIL	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1			1	1
ENROULEMENT DE DEMARRAGE			1	1		2			1	1					1	1					1	1		

Fig. 247. — Distribution des bobinages dans un moteur à 4 pôles 24 encoches.

les unes des autres, sans couper le fil en passant de l'une à l'autre, figure 240 B. La bobine A, figure 240 B, est bobinée dans le même sens que la bobine A, figure 240 A, mais le conducteur n'est pas coupé à la fin de la bobine B. Il passe dans l'encoche 11 de la bobine B, puis derrière le stator pour revenir dans l'encoche 9,

pour passer ensuite dans les encoches 12, 8, 13 et 7. Cette bobine B est bobinée en sens inverse des aiguilles d'une montre, comme l'indiquent les petits cercles entourant les flèches. La section C est bobinée dans le même sens que la section A, et la

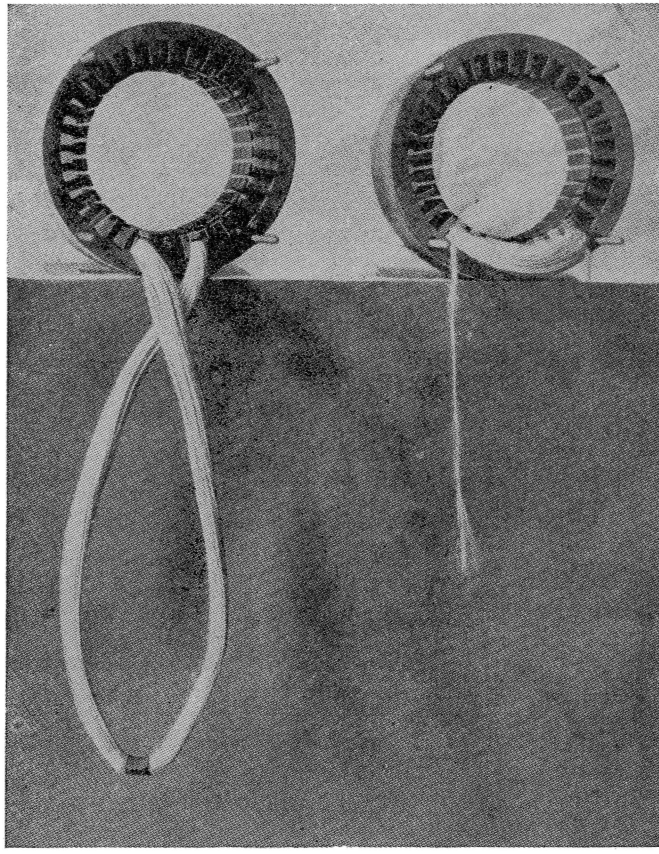


FIG. 248. — Début (à gauche) et fin (à droite) d'un bobinage en écheveau pour un pôle. Notez le croisement des deux brins de l'écheveau avant de le passer dans les encoches pour la deuxième fois.

bobine B dans le même sens que la bobine B. Cette méthode de bobinage évite de couper le fil, en même temps qu'elle supprime des soudures, et qu'il n'est plus nécessaire de vérifier le groupement des bobines une fois le bobinage terminé.

La figure 243 montre un moteur monophasé comportant sur le rotor les bobinages principal et de démarrage, tandis que le stator

forme la cage d'écureuil. Le rotor est bobiné à la main, aussi bien pour le bobinage principal que pour la phase auxiliaire, et, pour diminuer le nombre de conducteurs de sortie, les bobines sont mises en place sans couper le fil pour passer de l'une à l'autre, figure 240 B; on change de sens d'enroulement en passant d'une bobine à l'autre.

Les remarques concernant la position de l'enroulement par rapport aux goujons de montage, mentionnées chapitre XXIV, s'appliquent également aux bobinages à la main.

Répartition dans les encoches des enroulements de travail et de démarrage. — Le pas des bobines dans les encoches varie suivant le nombre d'encoches et le nombre de pôles du stator du moteur. Pour un stator de 36 encoches, tétrapolaire, on peut utiliser les dispositions des figures 244 A et B. La disposition donnée sur la figure 244 A est la plus commode du fait que l'enroulement de démarrage est moins tassé. Quand on adopte le bobinage de la figure 244 B, le bobinage de démarrage est moins avantageusement réparti que sur la figure 244 A, et il faut un fil de diamètre plus faible pour l'enroulement principal, du fait du plus grand nombre de spires par encoche; le second bobinage présente des pertes dans le cuivre plus élevées. Dans certaines combinaisons de pôles et d'encoches, il peut être intéressant de répartir le bobinage de telle sorte que les pôles principaux adjacents ne se recouvrent pas. Sur la figure 244 A, on voit le bobinage d'un pôle principal dans les encoches 1, 2, 3, 4 et 7, 8, 9, 10, tandis que le bobinage de démarrage occupe les encoches 3, 4, 5, 6. Les nombres disposés dans les cases du schéma de bobinage indiquent combien de fois l'écheveau passe dans chaque encoche.

La figure 245 donne le schéma de bobinage d'un moteur hexapolaire, à 36 encoches. La figure 246 représente un moteur bipolaire à 24 encoches et la figure 247 un moteur tétrapolaire à 24 encoches. Ces exemples sont ceux que l'on rencontre le plus fréquemment.

Quand on utilise un écheveau, sa longueur (voir, pour la déterminer, le chapitre XXIV), pour le bobinage de démarrage, se trouve suivant la même méthode que pour le bobinage de travail, mais il se met en place au-dessus de ce dernier dans les encoches, comme l'indiquent les schémas et les tables de bobinage. Il est habituellement disposé de telle sorte, par rapport au bobinage de marche, que ses pôles se trouvent à égale distance des pôles de l'enroulement principal. Cet enroulement peut

se nommer « bobinage à résistance », et sa résistance ohmique doit être la même que celle de l'enroulement d'origine, donc sa longueur doit être la même.

Dans la plupart des cas, l'enroulement de démarrage d'un mo-

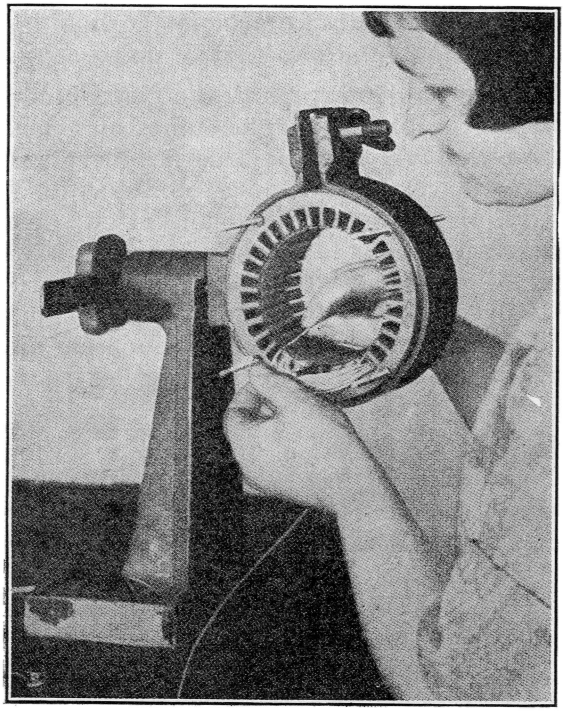


FIG. 249. — Bobinage à la main d'un stator monophasé. Notez que le fil venant du dévidoir est tenu par la main droite de l'opérateur et que la boucle de ce fil est tenue entre le pouce et l'index de la main gauche, qui guide le fil dans l'encoche voulue ; le fil est ensuite tendu par la main droite. La main droite tire alors une autre longueur de fil du dévidoir, qui, judicieusement bouclé, est mis en place suivant la même technique. Notez également la position de la bobine par rapport aux goujons des flasques, ainsi que la cheville de bois qui empêche les têtes de section de monter au-dessus de la cote voulue. La figure montre également un support de stators pratique.

teur monophasé est en écheveau, tandis que l'enroulement principal est bobiné à la main avec un conducteur unique en main.

Bobinage sur gabarit et à la main. — On utilise parfois pour les petits moteurs à induction le bobinage sur gabarit. On désigne ainsi la méthode suivant laquelle les bobines formant les pôles sont d'abord enroulées sur gabarit, puis mises en place dans les encoches. Dans la plupart des cas, on enroule ensemble

une série de bobines formant le pôle, de façon à n'avoir pas à connecter entre elles les différentes bobines individuelles après leur mise en place. Une fois terminé, le bobinage sur gabarit a la même apparence générale qu'un bobinage à la main. Tout petit moteur bobiné sur gabarit peut être rebobiné à la main, en utilisant un seul conducteur. Le schéma de bobinage à la main et sur gabarit d'un moteur donné est le même.

Les enroulements de démarrage des moteurs bobinés à la main ou sur gabarit sont le plus souvent bobinés en écheveau. Ils peuvent être bobinés sur gabarit, mais ils ne devraient pas être rebobinés à la main car la résistance ohmique de l'enroulement de démarrage joue un rôle très important et elle peut varier dans de trop grandes limites dans le cas de rebobinage à la main. Quand l'enroulement de démarrage est bobiné sur gabarit, et que l'on ne dispose pas de gabarit, il faut mesurer la longueur entière de l'enroulement d'un pôle du moteur à rebobiner, pour remettre exactement la même longueur de fil dans les encoches.

Caractéristiques principales des moteurs monophasés. — Les moteurs monophasés peuvent être grossièrement divisés en deux groupes : (1) les moteurs à phase auxiliaire, munis de deux enroulements, l'un de démarrage et l'autre de marche, avec un rotor en cage d'écureuil; (2) les moteurs à démarrage en moteur à répulsion, n'ayant qu'un enroulement sur le stator, mais dont le rotor est bobiné.

Dans les moteurs à phase auxiliaire, l'enroulement de démarrage est à haute résistance, tandis que l'enroulement principal est à haute inductance et faible résistance. Ces deux enroulements sont décalés sur le stator de 90° électriques, c'est-à-dire que l'axe d'une bobine de démarrage se trouve à égale distance des deux centres des bobines principales adjacentes; l'enroulement auxiliaire est mis hors circuit par un interrupteur centrifuge immédiatement avant que le moteur n'atteigne sa vitesse de fonctionnement.

Dans le moteur à démarrage par répulsion, l'enroulement primaire se trouve sur le stator, identique à l'enroulement principal des moteurs à phase auxiliaire. Le rotor possède un collecteur, et le support des balais est identique à celui d'un moteur à courant continu, la seule différence résidant dans le fait que les balais sont court-circuités par le bras porte-balais. Le stator est habituellement un stator à bobinage bipolaire. Le bobinage du stator est relié au réseau sur une seule phase, et le moteur démarre

par suite de la répulsion entre les pôles de même signe du rotor et du stator.

Le moteur à spire-écran a un enroulement de champ principal relié à une source monophasée, et une spire unique en court-circuit, en cuivre, est disposée sur une partie du pôle. Cette spire-écran est disposée de façon dissymétrique par rapport au champ principal, tandis que le courant dans le rotor est symétrique par rapport aux pôles. Au démarrage, le pôle qui apparaît dans le bobinage du rotor est repoussé par le pôle de même nom qui se produit dans l'enroulement du stator, ce qui tend à faire tourner le moteur vers la spire-écran, d'où démarrage. Le défaut de ce type de moteur est qu'il ne peut tourner que dans un sens, et qu'il est impossible de modifier son sens de rotation. Dans certains modèles, les flasques d'extrémité sont interchangeables, et il est possible de retourner le stator, ce qui permet d'inverser le sens de rotation.

Dans le cas des moteurs à phase auxiliaire, il est possible d'inverser le sens de rotation par croisement des connexions soit de l'enroulement auxiliaire, soit de l'enroulement principal, mais non des deux. Le moteur à démarrage par répulsion voit son sens de rotation inversé par décalage des balais, qui passent d'un côté ou de l'autre de la ligne neutre.

CHAPITRE XXVI

CONNEXIONS SUR LE STATOR, BOBINE A LA MAIN OU EN ÉCHEVEAU

Après avoir bobiné un stator, il faut effectuer les connexions des différentes bobines entre elles. Pour déterminer facilement les fils qui doivent être reliés, on peut appliquer la règle dite « d'entrée et de sortie » du courant. Quand on connaît cette règle, il devient inutile de faire une vérification de polarité au moyen d'une boussole.

Connexion des différentes bobines. — La méthode mentionnée ci-dessus est illustrée par les figures 250 A et B, et elle s'applique aussi bien à la phase auxiliaire qu'à l'enroulement principal, que le bobinage soit exécuté à la main ou en écheveau. Disposez en premier lieu les sorties des bobines de l'enroulement principal comme l'indiquent les figures 250 A ou B. Les deux extrémités, entrée et sortie, de chaque bobine, doivent se trouver du même côté du stator. Le schéma A indique comment se présentent les conducteurs dans le cas d'un bobinage en écheveau. Sonnez les fils a et b pour vous assurer qu'ils appartiennent bien à la même bobine. Commencez alors avec n'importe quel conducteur d'emplacement commode, comme par exemple le conducteur situé dans l'encoche 3, figure 250 A, et supposez que le courant entre dans la bobine par ce conducteur. Le courant ressort de cette bobine par le conducteur qui se trouve dans l'encoche 7. Le problème qui se pose alors est de savoir quel conducteur doit être relié au conducteur qui sort de l'encoche 7. Si le courant « sort » de l'encoche 7, le courant devra également « sortir » des encoches 7, 8 et 9, comme l'indiquent les flèches. Il en résulte que le conducteur de début de la bobine B est un conducteur de « sortie », tandis que l'on désire un conducteur d'entrée pour recevoir le courant qui sort de la bobine A. Le conducteur de la bobine B qui se trouve dans l'encoche 13 est un conducteur d'entrée du courant, et, par suite, on relie le conducteur de l'encoche 7, bobine A, au conducteur de la bobine B, encoche 13.

Suivez cette règle « d'entrée et de sortie » du courant jusqu'au bout, et les connexions seront correctes.

Pour énoncer cette règle plus brièvement, reliez un conducteur de « sortie du courant » à un conducteur « d'entrée de courant » de la bobine adjacente qui suit. On peut encore énoncer cette règle : reliez un conducteur d'entrée de bobine à un autre conducteur d'entrée et un conducteur de sortie à une autre conducteur de sortie. Par suite, si l'on a commencé par un conducteur d'entrée, pour commencer les connexions, le dernier conducteur sera également un conducteur d'entrée. La dernière connexion sera une sortie si l'on a débuté par une sortie. Dans un enroulement en écheveau, on peut considérer comme entrée les conducteurs situés à gauche.

Comment déterminer le sens de rotation. — En utilisant la règle de connexion des bobines énoncée ci-dessus, il est possible de faire tourner le moteur dans le sens désiré. Si une bobine de démarrage est reliée de manière qu'elle ait la même polarité qu'une bobine de travail adjacente, le rotor tournera de la bobine de démarrage vers la bobine de travail. La raison en est que le courant dans la bobine de démarrage atteint son maximum un court moment avant qu'il n'atteigne son maximum dans la bobine de l'enroulement principal; autrement dit, le pôle ma-

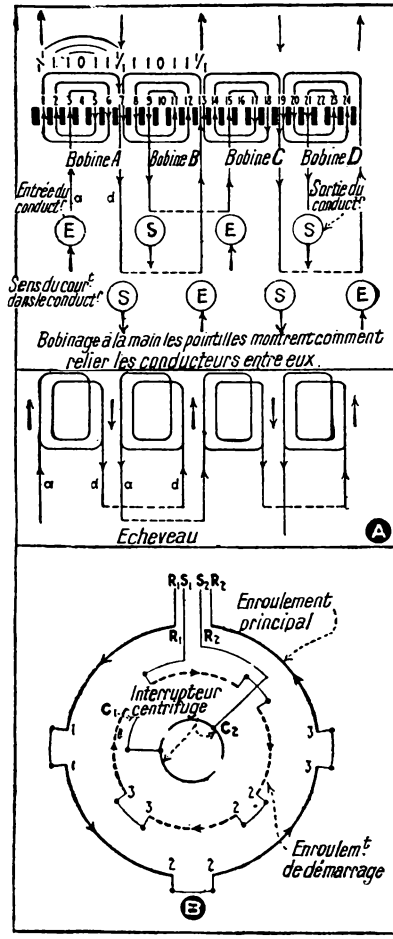


FIG. 250. — A) Connexions d'un bobinage en écheveau (partie supérieure de la gravure) et d'un bobinage à main dont le fil a été coupé entre chaque section (partie inférieure). Notez que, dans les deux cas, quand le courant vient d'une « sortie » de section, il passe dans une « entrée », la sortie étant la dernière spire d'une section et l'entrée la première du pôle suivant. Toutes les sections sont bobinées dans le sens des aiguilles d'une montre. B) Moteur à pôles conséquents à quatre bobines et huit pôles. Ce schéma est celui d'un couplage en série.

gnétique tournant engendré par la combinaison des enroulements auxiliaire et principal va de l'enroulement auxiliaire vers l'enroulement principal de même polarité. Le rotor est entraîné dans le même sens que l'aimantation.

Pour vérifier le sens de rotation d'un moteur que l'on vient de connecter, on peut fabriquer un petit rotor identique à celui représenté sur la figure 251. On relie le stator au réseau, et on introduit ce rotor dans le stator. Il tournera dans le même sens

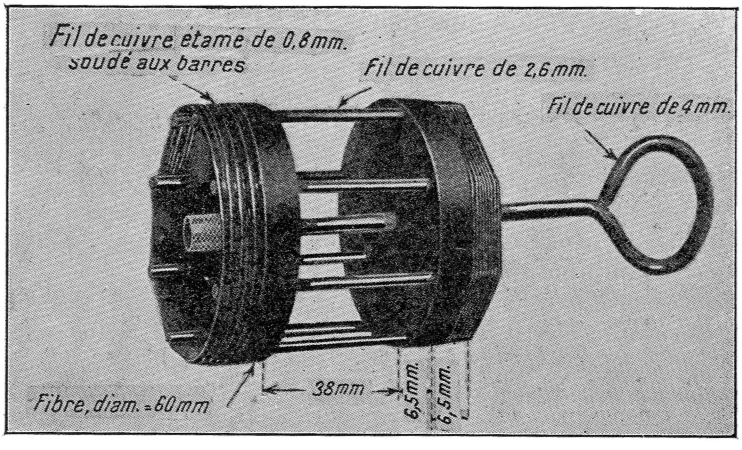


FIG. 251. — Petit rotor d'essai pour déterminer le sens de rotation.
Si on introduit ce rotor dans le stator, il tournera dans le même sens que le véritable rotor lorsqu'il y sera monté.
On peut utiliser ce petit rotor pour déterminer le sens de rotation des gros moteurs. Dans ce cas on le tient dans le stator, près du fer, et on le déplace tout autour du noyau.

que le moteur. S'il est nécessaire d'inverser le sens de rotation, on le fait en croisant les conducteurs d'alimentation de l'enroulement de démarrage.

Connexions des divers types de moteurs monophasés. — Les figures 252 à 254 montrent les différents modes de connexion des moteurs monophasés. La figure 252 donne les schémas courants de moteurs à 2, 4, 6 et 8 pôles. Ces schémas montrent également les différents modes de connexion des enroulements de démarrage. Dans tous ces schémas, les traits épais représentent les enroulements principaux et les traits pointillés les enroulements de démarrage. Les demi-cercles situés à l'intérieur des schémas représentent les interrupteurs centrifuges, dans le circuit de l'enroulement de démarrage. Le schéma A de la figure 252 représente

une bobine de démarrage de chaque côté de l'interrupteur centrifuge; B représente deux bobines d'enroulement de démarrage sur un côté de l'interrupteur centrifuge, montées en série, tandis qu'un conducteur venant d'une borne va directement de l'autre côté de l'interrupteur. Dans le cas d'un moteur tétra-polaire, le schéma de la figure 252 F est probablement l'un des meilleurs.

Le schéma C, figure 254, montre comment connecter les circuits d'un petit moteur répulsion-compensé bobiné à la main (type R I, General Electric Company, constructeur). Notez qu'il n'y a aucune liaison électrique entre l'enroulement de compensation et le réseau.

La figure 255 représente le stator d'un moteur tétrapolaire monophasé (type A R, Westinghouse, constructeur), type à répulsion. Ce moteur est bobiné à la machine avec bobinage concentrique de six bobines dans chaque groupe. La sixième bobine d'un groupe recouvre partiellement la sixième bobine du groupe adjacent. Il faut six bobines de tailles différentes et, pour chaque taille, quatre bobines identiques. Chaque bobine est mise en place dans l'encoche après bobinage, en commençant par la plus petite; les têtes de bobines sont alors rubannées d'une encoche à l'autre. On fait sortir quatre conducteurs, pour faire au choix un couplage série ou un couplage parallèle.

Un moteur à pôles conséquents à quatre bobines et huit pôles est représenté sur la figure 253. Ce schéma montre comment les bobines sont reliées les unes aux autres pour former les pôles conséquents et nous donnons ci-dessous les caractéristiques du bobinage. La figure 254, A et B, montre un bobinage spécial pour moteur à deux vitesses, que l'on peut connecter pour avoir au choix quatre pôles ou deux pôles. Un moteur de ce type équipe souvent les tours à bois, les fraises de dentiste, etc. Le schéma A montre le couplage, avec l'interrupteur en position pour le moteur bipolaire, qui donne la vitesse la plus élevée. L'enroulement principal est en deux sections, d'où sortent huit conducteurs. L'enroulement de démarrage comporte trois bobines, comme on peut le voir sur la figure, une longue et deux courtes. Le schéma A montre le couplage en parallèle, tandis que B est également un couplage en parallèle, mais dans celui-ci, la polarité d'une bobine sur deux a été inversée, ce qui amène la formation de quatre pôles (pôles conséquents). On obtient ainsi la plus petite vitesse. L'enroulement de démarrage conserve le même couplage dans les deux cas. La position relative de l'enroulement de démarrage et de l'enroulement principal est donné en C, figure 254.

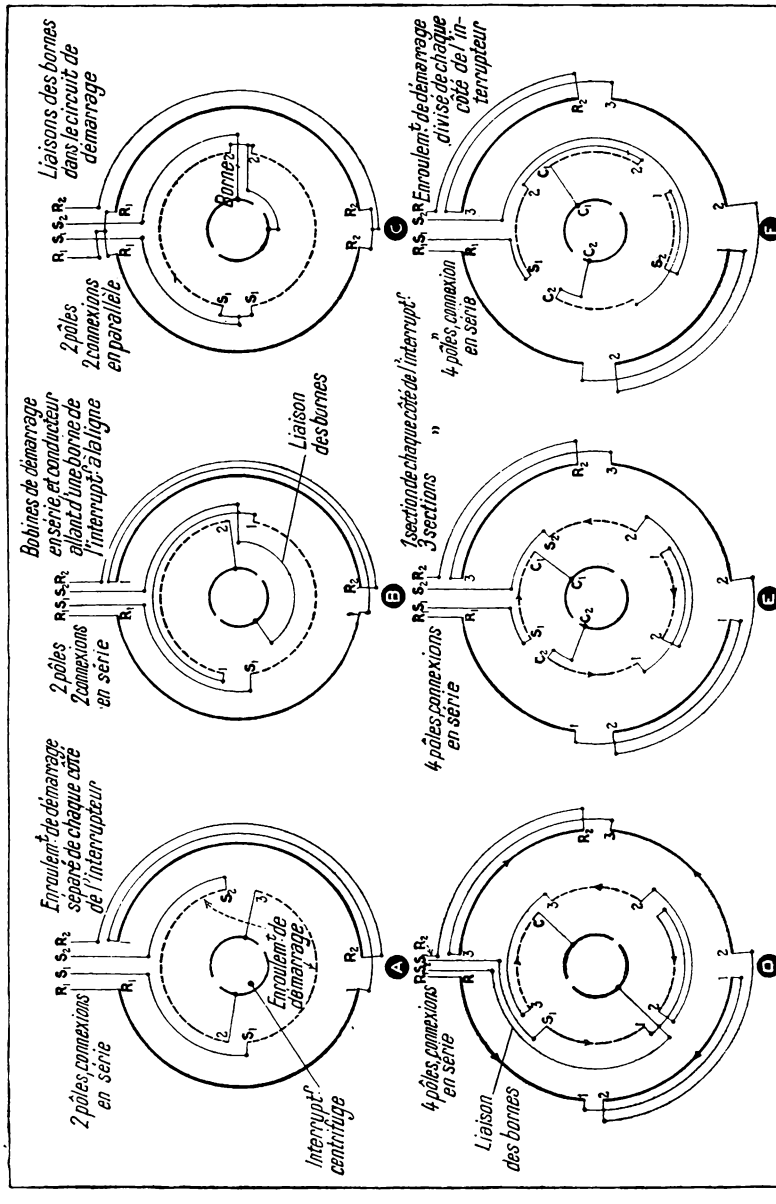
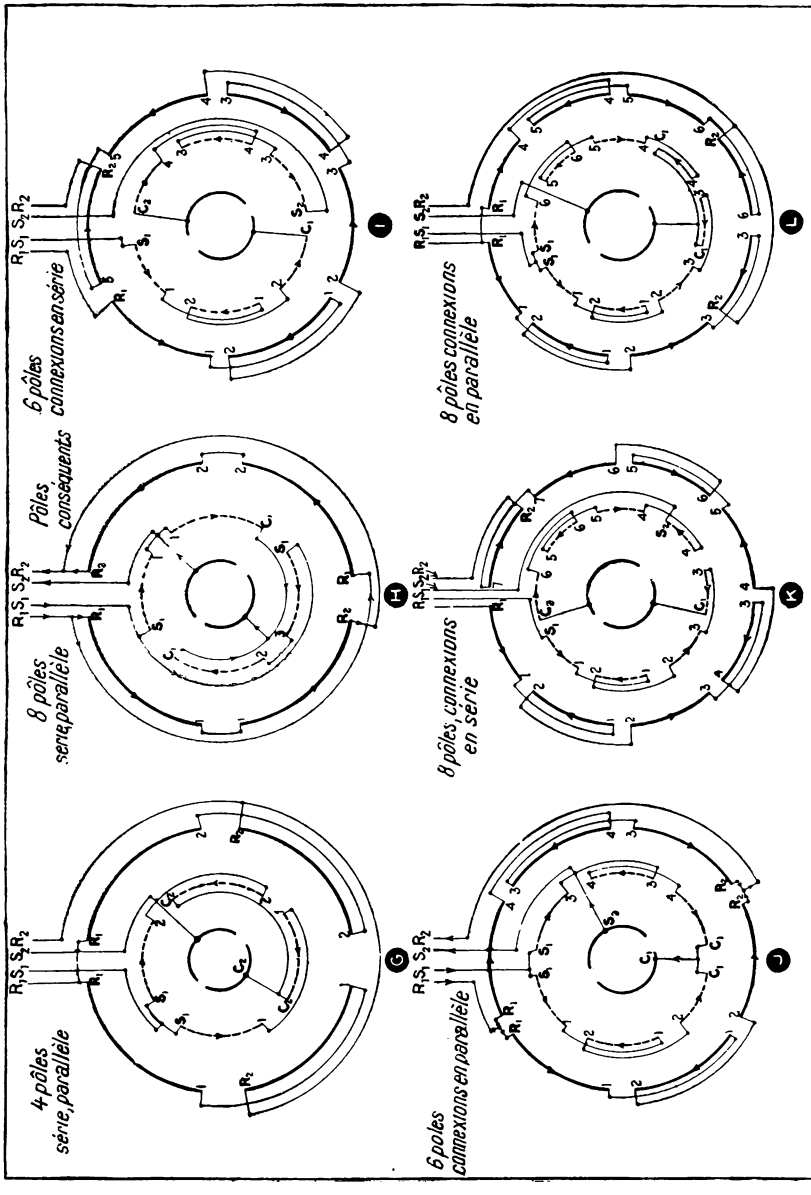


FIG. 252. — Schémas de moteurs monophasés à phase auxiliaire de petite puissance.



NOTE : Sur les figures J et L, il faut lire connexions série-parallèle et non connexions en parallèle.

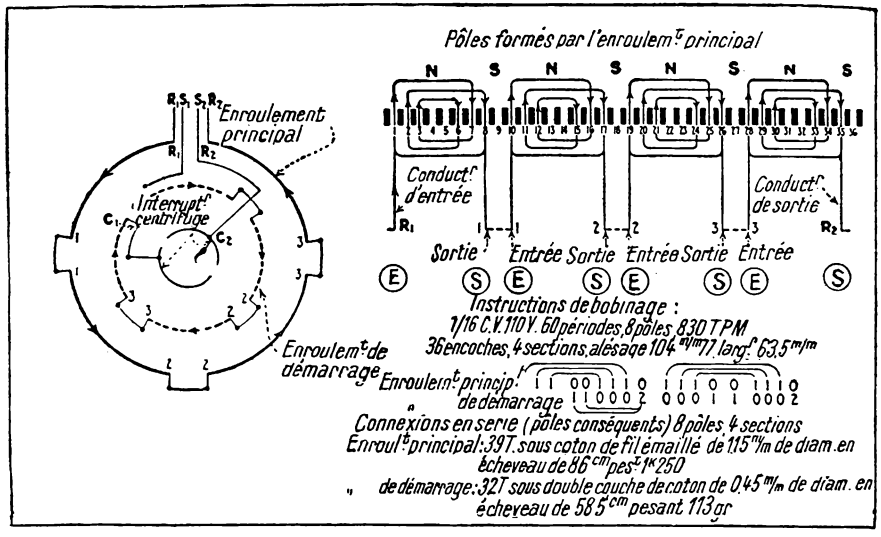


FIG. 253. — Schéma de bobinage pour un moteur à pôles conséquents à quatre sections et huit pôles, montés en série.

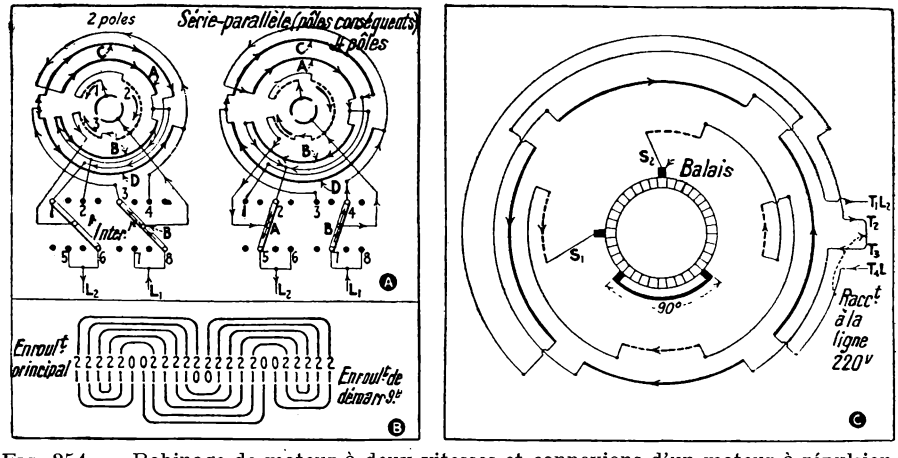


FIG. 254. — Bobinage de moteur à deux vitesses et connexions d'un moteur à répulsion.

Les deux bobinages des figures A et B peuvent être couplés, au moyen d'un inverseur approprié, en moteurs bipolaires ou tétrapolaires. Le schéma de gauche donne le couplage en bipolaire, qui donne la vitesse la plus élevée : les sections sont montées en parallèle. Le schéma de droite est également un couplage parallèle, mais la polarité de sections voisines a été inversée une fois sur deux, ce qui transforme le moteur en moteur tétrapolaire à pôles conséquents ; on a alors la vitesse la plus faible. Le schéma de connexion de l'enroulement de démarrage reste le même dans les deux cas. La position relative des enroulements est donnée sur le schéma B.

En C, on voit les connexions d'un moteur à répulsion. Ce moteur, construit par la General Electric, type R1 526-4, 110/220 volts, 1/4 de CV, tétrapolaire, monophasé, 60 périodes, 1.800 t.p.m. doit être relié à la ligne en T_1 et T_2 sur un fil et T_3 et T_4 sur l'autre pour fonctionner sous 110 volts, tandis que dans l'alimentation sous 220 volts, on relie T_2 et T_3 ensemble, T_1 et T_4 allant aux fils de ligne. L'induit a un bobinage ondulé à deux circuits.

Les bobinages de stator des moteurs à répulsion monophasés sont le plus souvent connectés en deux sections, figure 254 C. On peut ainsi alimenter le moteur sous 110 ou 220 volts; en d'autres termes, pour 110 volts, les deux sections sont montées en parallèle, tandis qu'elles sont montées en série pour la marche sous 220 volts.

Modification d'un moteur monophasé pour le faire fonctionner à deux vitesses. — Le mode opératoire pour transformer

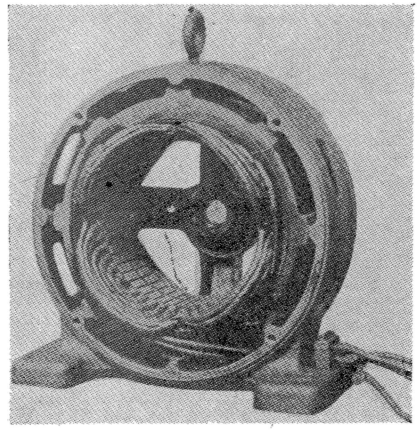


FIG. 255. — Bobinage en sections d'un stator de moteur monophasé. Ce moteur diffère du moteur classique à répulsion en ce que les sections sont bobinées sur gabarit avant d'être disposées dans les encoches. Ce moteur est tétrapolaire, monophasé ; il comporte 6 sections par pôle en bobinage concentrique, et la sixième section de chaque groupe recouvre partiellement la sixième section d'un groupe adjacent. Les six sections de chaque groupe ont chacune une taille différente ; elles sont rubannées une fois en place dans les encoches.

un moteur monophasé à phase auxiliaire et phase principale en moteur à deux vitesses par changement de couplage des bobines peut être illustré par l'exemple ci-dessous, qui concerne un moteur monophasé de 1/6 de CV, 50 périodes, 110 volts; il pourra après transformation tourner au choix à 1.500 ou à 3.000 tours-minute. L'enroulement principal est bobiné avec deux bobines, comme dans un moteur bipolaire, avec cette différence qu'il y a deux fils en parallèle et huit conducteurs sortis, figure 256 a. L'enroulement de démarrage comporte une bobine avec un pas bipolaire et deux bobines avec un pas tétrapolaire, six conducteurs étant sortis de ces trois bobines pour connexion à l'inverseur de pôles, figure 256 a. Les conducteurs des enroulements auxiliaire et principal sont reliés à l'inverseur de pôles, figure

256 b. Si l'on numérote les conducteurs du moteur à gauche de l'inverseur de pôles, figure 256 b, numérotés du sommet vers le bas, la connexion du conducteur 1 à l'un des fils de ligne et du conducteur 3 à l'autre donne un montage tétrapolaire, ou couplage à pôles conséquents. En reliant les conducteurs 2 et 4 à la ligne, on obtient le couplage bipolaire. L'interrupteur inverseur de

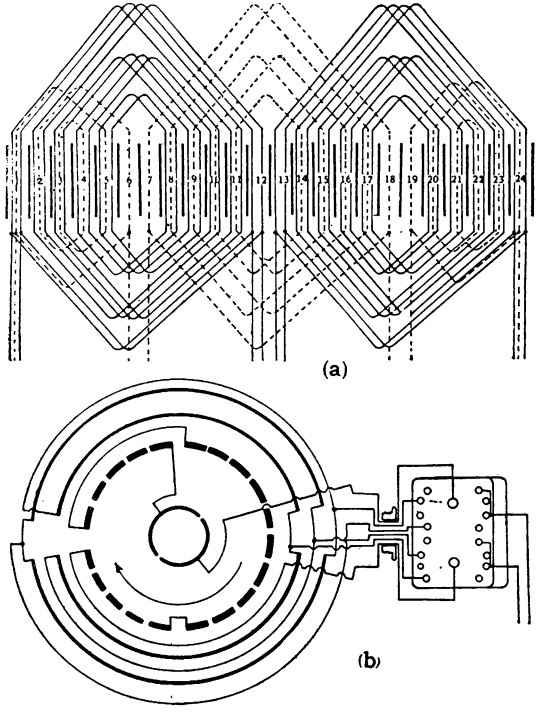


FIG. 256. — (*a*) sortie des conducteurs d'un moteur à deux vitesses ; (*b*) connexions entre les enroulements principaux et de démarrage et l'inverseur de pôles dans un moteur à deux vitesses.

pôles est monté de telle sorte que l'enroulement de démarrage est relié à la ligne quelle que soit la position de l'inverseur. Les deux bobines extérieures en trait plein dans chaque pôle, figure 256 a, représentent les deux bobines enroulées au moyen de deux fils en parallèle, comme mentionné ci-dessus.

Le fonctionnement du moteur à deux pôles ou à quatre pôles est le même que dans tout arrangement série à pôles conséquents.

L'enroulement de démarrage, néanmoins, fonctionne suivant des conditions un peu différentes, et une analyse des flux des

différentes bobines de l'enroulement principal et de l'enroulement de démarrage, pour les deux positions de l'interrupteur inverseur, fera voir que son fonctionnement est identique à celui d'un moteur bipolaire avec une bobine en moins dans un cas, et à celui d'un moteur tétrapolaire avec deux bobines en moins dans l'autre.

CHAPITRE XXVII

REBOBINAGE DES PETITS MOTEURS UNIVERSELS

Les petits moteurs universels qu'on emploie dans les machines à additionner, les ventilateurs, les perceuses, etc., peuvent être divisés en trois classes : 1° type série ordinaire à pôles saillants et bobinage massif; 2° type série à bobinage réparti et balais décalés; 3° type série-compensé.

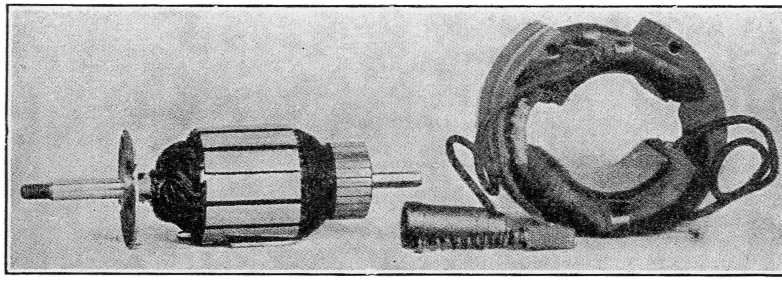


FIG. 257. — Inducteur et induit d'un moteur universel du type utilisé dans les perceuses et meules portatives.

L'un des conducteurs d'une bobine inductrice est relié à la ligne, l'autre est relié à l'autre bobine inductrice ; la sortie de la seconde bobine est reliée à un porte-balais, tandis que le second porte-balais est relié à l'autre conducteur de ligne. Par suite, les bobines inductrices sont en série avec l'induit.

Moteur universel type série ordinaire. — C'est celui dont la construction est la plus simple. Il possède des pièces polaires feuilletées, nécessité absolue en courant alternatif, afin d'éviter l'échauffement du circuit magnétique par courants de Foucault. Avec un flux alternatif, les ampères-tours de l'induit seront considérablement plus élevés que les ampères-tours inducteurs. Cette réalisation est nécessaire pour améliorer le facteur de puissance et réduire les pertes dans le circuit magnétique, et c'est une des caractéristiques importantes de ce type de moteur. Plus le nombre de tours du circuit inducteur est grand, plus la réactance est

élevée, ce qui provoque le décalage en arrière du courant sur la tension, donc une diminution de la puissance disponible sur l'arbre. Avec un rapport élevé des ampères-tours de l'induit aux ampères-tours de l'inducteur, la réaction d'induit est grande, ce qui déforme le champ et introduit des difficultés de commutation. La bobine en commutation est dans un champ magnétique qui tend à s'opposer à l'inversion du courant, ce qui entraîne des crachements. En courant alternatif le courant induit dans la bobine en court-circuit dépend de la résistance de la bobine.

La méthode employée pour réduire le crachement dans les petits moteurs universels du type série ordinaire consiste à utiliser des balais à grande résistance de contact. Il en résulte que, pour obtenir un fonctionnement satisfaisant avec ce type de moteur, il faut utiliser la qualité de balais spécifiée par le constructeur du moteur.

Moteur universel type série à enroulement inducteur réparti et balais décalés. — Dans ce type, l'inducteur ressemble au stator d'un moteur monophasé sans enroulement de démarrage, c'est-à-dire, au lieu d'une bobine par pôle, la bobine est répartie dans un certain nombre d'encoches. Avec ce genre d'inducteurs, les balais sont décalés en sens inverse du sens de rotation. Ainsi, une partie de l'inducteur se trouve utilisée comme enroulement de compensation, ce qui diminue la réaction d'induit, en même temps que l'on améliore le facteur de puissance.

Avec ce genre de bobinage, la position des balais et le décalage des connexions au collecteur sont très importants et doivent être très soigneusement repérés et notés lorsqu'on débobine avant réparation. Néanmoins, un bobinage réparti possède une impédance plus grande qu'une simple bobine inductrice, et un moteur de ce type a un rendement inférieur à celui d'un moteur série ordinaire bien étudié.

Moteur universel série compensé à deux enroulements indépendants. — L'enroulement principal est habituellement concentré en une bobine par pôle, et l'enroulement compensateur est réparti sur la face polaire, comme dans les grosses génératrices à courant continu. La polarité de l'enroulement compensateur doit être la même que celle de l'inducteur principal adjacent, dans le sens inverse du sens de rotation, et, lorsqu'on inverse le sens de rotation, on doit également inverser la polarité de l'enroulement compensateur.

Ce type de bobinage compense la réaction d'induit et donne un facteur de puissance élevé ainsi qu'un rendement excellent.

Il rend possible la construction de gros moteurs universels, mais on a toujours à compter avec la valeur élevée du courant dans

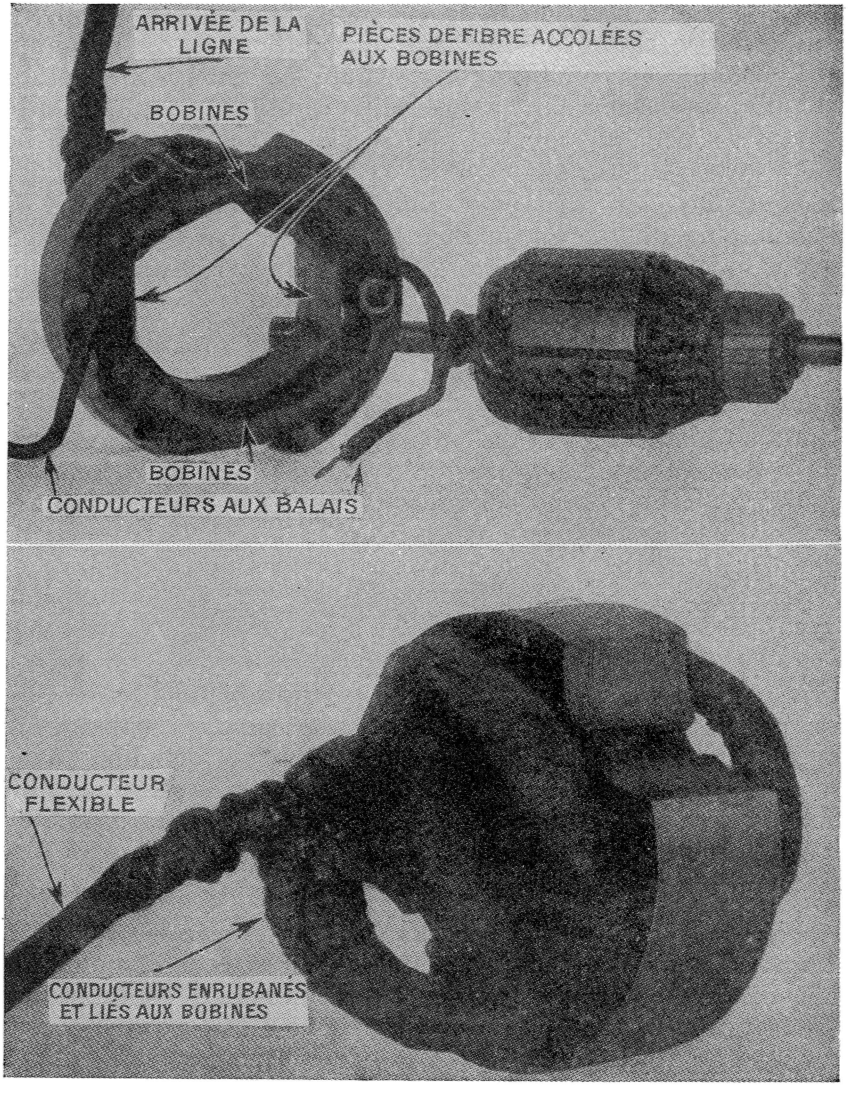


FIG. 258. — Petit moteur universel sans enroulement de compensation. Notez comment les conducteurs ont été enrubannés et attachés pour éviter toute rupture en service.

la bobine en court-circuit. Dans les gros moteurs monophasés universels, utilisés dans les chemins de fer, on emploie un en-

roulement compensateur et on place des connexions résistantes au fond des encoches de l'induit en série avec le bobinage et le collecteur. De cette façon, la résistance électrique de la section en commutation est accrue, ce qui améliore le fonctionnement.

Des remarques qui précèdent, il ressort que ce sont la réaction d'induit, l'impédance de l'inducteur et le courant dans la section en commutation qui décident du type de l'enroulement à employer dans un moteur pour une application donnée. En général, plus le courant de pleine charge sera faible, plus simple sera l'enroulement. Quand on a besoin de courants intenses, il faudra un inducteur à deux enroulements entièrement compensés et des connexions résistantes.

Points essentiels à noter lors du débobinage d'un moteur universel. — Lorsqu'on enlève l'enroulement d'un moteur universel, c'est-à-dire d'un moteur fonctionnant sur courant alternatif aussi bien que sur courant continu, il est important de se rappeler qu'en rebobinant les inducteurs, on doit placer les bobines dans leur position correcte par rapport aux balais. Le noyau inducteur ne peut le plus souvent être mis en position dans la carcasse que d'une seule façon. La plupart des noyaux sont constitués de tôles rivées. Le noyau est assujetti à la carcasse du moteur et tenu en position par deux vis de serrage qui rentrent dans deux trous correspondants percés dans le stator.

Si on débobine sans faire attention à la position des bobines inductrices principales par rapport à ces trous, il faudra déterminer leur position correcte par tâtonnements. On peut y arriver de façon satisfaisante (voir page 330), mais on peut éviter tout tracas et économiser du temps avant d'enlever le vieux bobinage.

Lors du rebobinage d'induits de moteurs universels dont on n'a pas noté très soigneusement le pas des bobines et le décalage au collecteur, on peut rencontrer quelques difficultés pour effectuer la mise au collecteur convenablement, pour une position donnée des balais.

Quelques petits moteurs universels fonctionnent avec les balais situés quelque peu en arrière de la ligne neutre, la grandeur de ce décalage dépendant de la construction du moteur. Lorsqu'on rebobine un moteur de ce type, la seule règle sûre consiste à noter soigneusement le pas des sections dans l'enroulement d'origine ainsi que la mise au collecteur, puis à rebobiner exactement de la même manière. Les petits induits sont bobinés d'ordinaire avec un embrassement de sections un peu plus petit

que le quotient du nombre d'encoches par le nombre de pôles, ceci afin de rendre le bobinage plus facile, tout en ménageant la place des chignons. Dans de tels bobinages, le point neutre déterminant la position des balais est à l'endroit du collecteur où se trouvent les extrémités de la section dont les deux côtés actifs sont à égale distance de l'axe des pôles.

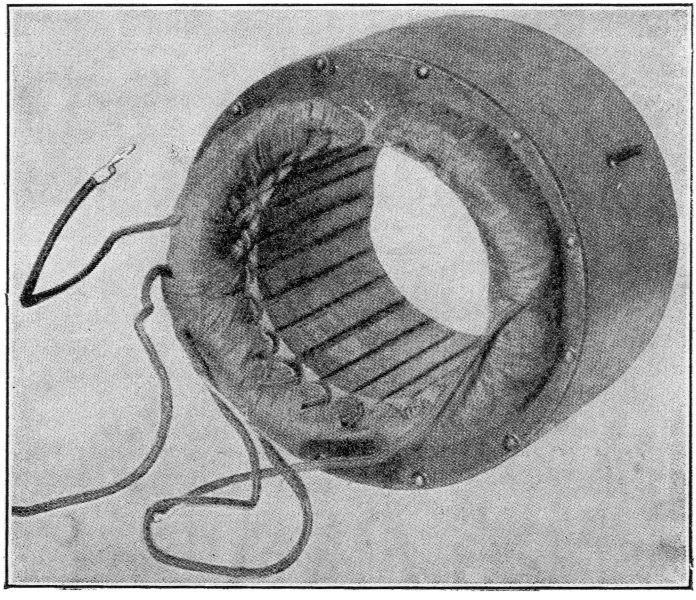


FIG. 259. — Stator d'un moteur universel avec enroulement réparti. Ce stator n'a pas d'enroulement de compensation, mais l'enroulement inducteur est composé d'un grand nombre de spires de fil fin, dont la résistance élevée limite l'intensité en courant continu. Ce moteur est monté dans une perceuse de la Chicago Pneumatic Tool Company. C'est le type 3B, prévu pour 240 volts, 1.500/2.000 watts à pleine charge. Il comporte 24 sections de 24 spires chaque, en fil émaillé de 0,64 mm de diamètre. Le pas est de 1 à 7.

Types de bobinages utilisés sur les moteurs universels. — On utilise deux types principaux de bobinages sur le stator des moteurs universels. L'un d'eux est analogue au bobinage de champ des moteurs série, tandis que l'autre possède, en plus de ce bobinage, un enroulement de compensation. Les moteurs universels de petite taille tels que ceux qui équipent les ventilateurs, les aspirateurs, les mélangeurs, etc., sont simplement des moteurs série avec inducteur feuilleté. Les bobines inductrices sont bobinées de la même manière que les bobines inductrices des moteurs à courant continu. On les laisse souples, de telle sorte qu'elles puissent se mettre en place derrière l'épanouisse-

ment polaire. Une fois que les bobines inductrices sont en position, on dispose au-dessus d'elles deux pièces de fibre ou de carton épais pour les caler et les maintenir en position (fig. 258).

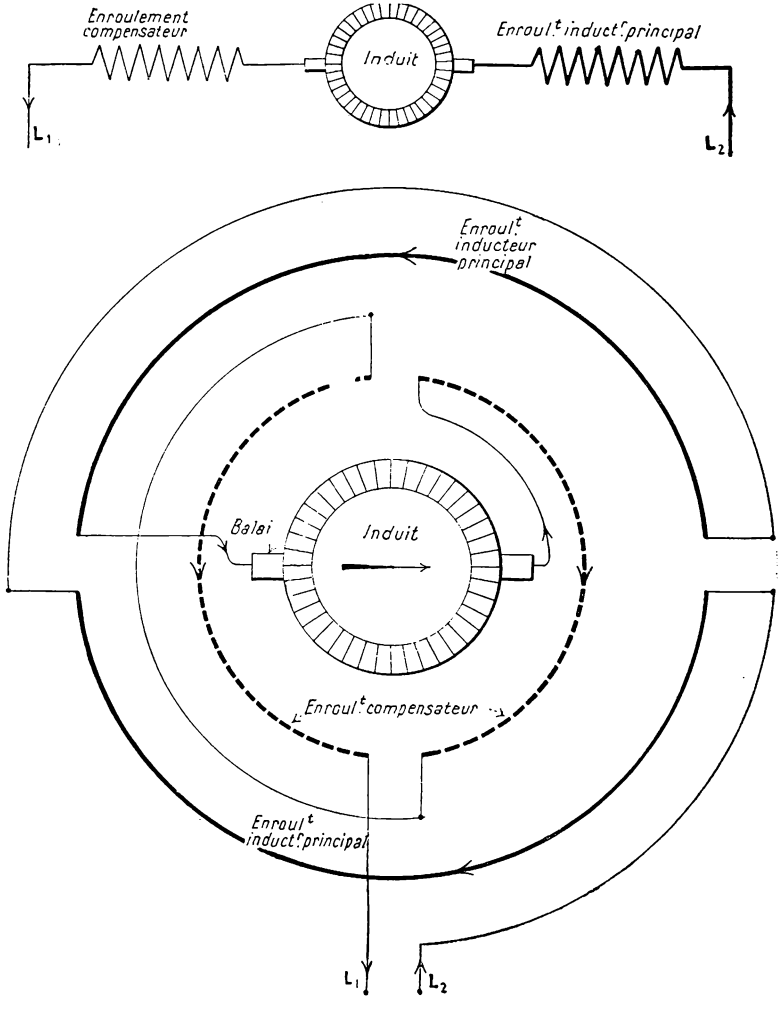


FIG. 260. — Gros moteur universel avec enroulement compensateur.
Les données relevées lors du rebobinage de ce moteur sont indiquées sur la figure 261.

Pour les moteurs série classiques, l'induit est le plus souvent monté entre les deux bobines inductrices. Un conducteur de chaque bobine est relié à un balai, les deux autres conducteurs laissés libres allant au réseau. On supprime ainsi une connexion entre bobines inductrices à l'intérieur du moteur.

La figure 259 représente un autre type de moteur série. Il a son bobinage inducteur réparti dans 24 encoches.

Enroulement de compensation des moteurs universels. — Dans les moteurs universels plus puissants, il faut des enroulements compensateurs pour combattre le voltage induit dans les bobines court-circuitées par les balais. Ce voltage est induit par le flux alternatif indépendamment de la position des balais. Sa

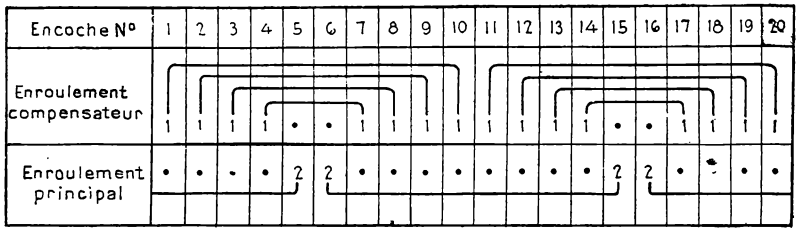


FIG. 261. — Données du stator du moteur de la figure 260.
Nombre d'encoches (20). Nombre de pôles (2).
Bobines compensatrices (8). Connexions série. Spires (34).
Un fil de 0 mm 9 de diamètre, émaillé plus une couche coton.
Poids total (680 grammes).
Bobines principales (2). Connexions série. Spires (34).
Un fil de 0 mm 65 de diamètre, émaillé plus une couche coton.
Poids total (227 grammes).

grandeur sera fonction de l'impédance des sections. Dans les petits moteurs, la résistance des sections est en général assez élevée pour limiter le courant induit à une valeur tellement faible qu'un enroulement compensateur n'est pas nécessaire pour obtenir une commutation satisfaisante, mais dans la plupart des machines de taille plus importante, les sections sont composées d'un petit nombre de spires d'un conducteur de gros diamètre; leur résistance est faible, et l'enroulement de compensation devient nécessaire.

Cet enroulement de compensation est connecté en série avec l'induit et disposé à 90° électriques par rapport à l'enroulement inducteur principal. Habituellement, il est réparti dans un certain nombre d'encoches disposées dans la face polaire tandis que l'enroulement principal se compose simplement d'une ou deux bobines par pôle. Un enroulement compensateur de ce genre s'oppose à l'aimantation engendrée par le courant alternatif dans l'induit. Il empêche ainsi l'induction d'un courant dans les bobines en commutation et évite ainsi les crachements aux balais.

On utilise un enroulement de compensation dans le stator des

moteurs de ventilateurs de refroidissement des moteurs principaux des locomotives du Chemin de Fer de New-York, New-Haven and Hartford. Ces moteurs sont alimentés sous 600 volts continus dans la partie du parcours située en ville, et sous 1.200 volts alternatifs en campagne. L'induit est analogue à un induit imbriqué ordinaire courant continu, et le stator a un bobinage en losange à recouvrement à deux étages. Il ressemble à n'importe quel inducteur de moteur à induction, mais le bobinage du stator est divisé en deux sections, un enroulement principal et un enroulement de compensation; les supports de balais de ce moteur sont fixes. Par suite, en débobinant un stator de ce genre, il faudra repérer les encoches de sortie de chaque enroulement — par exemple au moyen de chiffres en acier — et dessiner le schéma de l'enroulement avec le même numérotage, de façon à pouvoir replacer le nouveau bobinage dans la même position. Un décalage d'une encoche se traduirait par un fonctionnement défectueux.

Bobinage des moteurs universels compensés. — La construction usitée pour le circuit magnétique inducteur d'un moteur universel compensé est pratiquement la même que pour un stator monophasé. Le noyau est feuilleté et comporte plusieurs encoches habituellement partiellement fermées. Les deux bobines inductrices principales sont enroulées sur un gabarit de la même façon que les bobines inductrices des moteurs shunt plus importants. Néanmoins, les bobines inductrices d'un moteur universel sont introduites dans les encoches sans être enrubannées. Lorsque les bobines sont en place dans le stator, on enrubanne les têtes d'une encoche à l'autre. En formant ces bobines sur le stator, il faut les faire passer assez bas pour qu'elles ne bouchent pas les encoches des enroulements de compensation. On place l'enroulement de compensation de la manière dont on bobine un stator monophasé. Cet enroulement est d'ordinaire en écheveau.

La figure 260 représente les connexions d'un moteur série compensé. L'enroulement principal se trouve d'un côté de l'induit et l'enroulement compensateur de l'autre côté tout en étant en série. La figure 261 donne le tableau de bobinage du stator.

La figure 262 représente un petit moteur universel compensé démonté.

Détermination de la position des balais. — S'il n'a pas été possible de déterminer la position correcte des bobines par rapport au collecteur, on peut trouver la position propre des balais

par tâtonnement. Pour ce faire, monter le stator dans la carcasse, en situant la position des balais au jugé aussi bien que possible. Placer ensuite l'induit et monter les flasques. Essayer le moteur en le branchant sur le secteur. S'il crache ou s'il chauffe, enlever les vis du flasque côté collecteur et faites-le tourner jusqu'à ce que le moteur fonctionne de façon satisfaisante, aussi bien sur le courant continu que sur le courant alternatif. Faites alors une

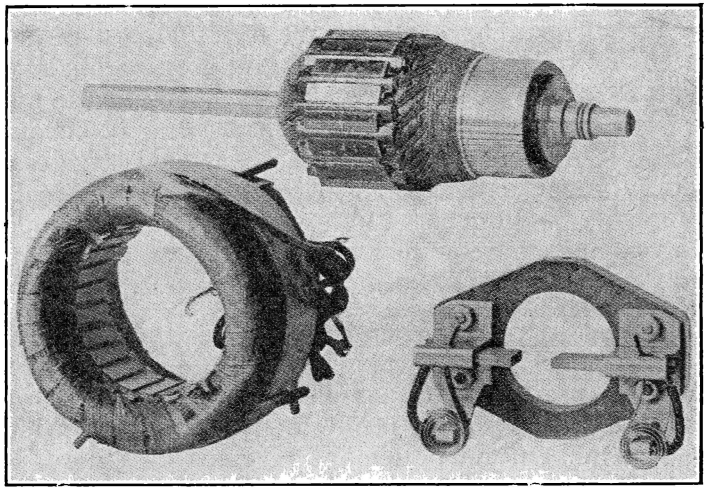


FIG. 262. — Induit à enroulement imbriqué, inducteur et porte-balais d'un moteur universel compensé.

marque à la carcasse de l'inducteur pour repérer le décalage des vis du flasque. Démontez ensuite le flasque, faites un repère au burin, pour bien noter le décalage sur le stator et sa carcasse, ôtez le stator de sa carcasse et décalez-le en sens opposé de la même quantité dont la flasque a été décalé pour obtenir une commutation impeccable. On se basera sur les repères faits au burin; remontez le stator dans sa carcasse dans la position correcte.

Particularités caractéristiques des moteurs universels. — Une des caractéristiques distinctives du moteur universel réside dans son induit, d'un plus grand diamètre en comparaison de l'induit d'un moteur ordinaire à courant continu de même puissance nominale. De plus, l'inducteur aura des pièces polaires courtes et trapues. Ces deux caractéristiques de construction s'expliquent par le fait que le nombre des ampères-tours de l'induit est plus grand que celui de l'inducteur. C'est pour cette raison

qu'il faut un enroulement de compensation dans les moteurs plus puissants, afin de neutraliser l'aimantation engendrée par l'enroulement induit.

Une autre caractéristique du moteur universel réside dans le fait qu'en général, pour une même tension d'alimentation, il aura un couple plus grand en courant continu qu'en courant alternatif. Plus la fréquence du secteur est élevée, plus le couple sera réduit. En courant continu, la chute de tension dans l'inducteur est uniquement due à la résistance ohmique des bobines, tandis qu'en courant alternatif, elle se trouve augmentée par l'impédance des bobines, résultante de l'inductance et de la résistance. En fait, quelques moteurs du type série à collecteur sont calculés pour fonctionner soit sous 300 volts continus, soit sous 600 volts alternatifs. Le couple moteur reste alors pratiquement le même.

Isolation des encoches et exécution du bobinage. — Les encoches doivent être isolées suivant les indications du chapitre XXIII. La mise en place d'un enroulement à écheveau se fait suivant les indications données au chapitre XXIV.

Ennuis susceptibles de se produire lorsque les encoches comportant les bobines principales n'ont pas été repérées. — — L'expérience suivante montrera les difficultés qui peuvent se présenter quand les encoches renfermant les bobines inductrices principales, ou les encoches d'où sortent les conducteurs d'alimentation de ces bobines (sommet et base, ou entrée et sortie) n'ont pas été repérées par rapport à la bissectrice de la ligne des pôles; soit un moteur tétrapolaire 300 volts courant alternatif ou 150 volts courant continu, qui a été totalement rebobiné sans repère de la position des bobines dans l'ancien bobinage. Lors d'un essai de fonctionnement de ce moteur, il y eut crachements aux balais et échauffement anormal. Des essais poussés ont montré que les bobinages n'avaient aucun court-circuit, aucune masse, aucun circuit coupé.

Ce moteur avait 40 encoches au stator, avec bobinage en deux étages, sections en forme de losange composées de deux spires en barre de cuivre de 1,6 $\times$ 12,5 mm. Chaque spire était isolée, de telle sorte qu'il était possible de disposer une spire après l'autre sur l'inducteur. Le pas était de 1 à 10. Les bobines étaient connectées en deux sections séparées, l'une donnant le champ principal, ou champ de couple, et l'autre le champ auxiliaire, ou champ de compensation. Quand on découvrit que le défaut provenait du manque de repérage de la position du bobinage inducteur principal avant débobinage, on a suivi le mode opéra-

toire suivant pour déterminer la position correcte à partir de la position réalisée en fait.

L'enroulement principal a été repéré et marqué au moyen de craie. On mit alors en place le flasque côté balais, et l'on vérifia

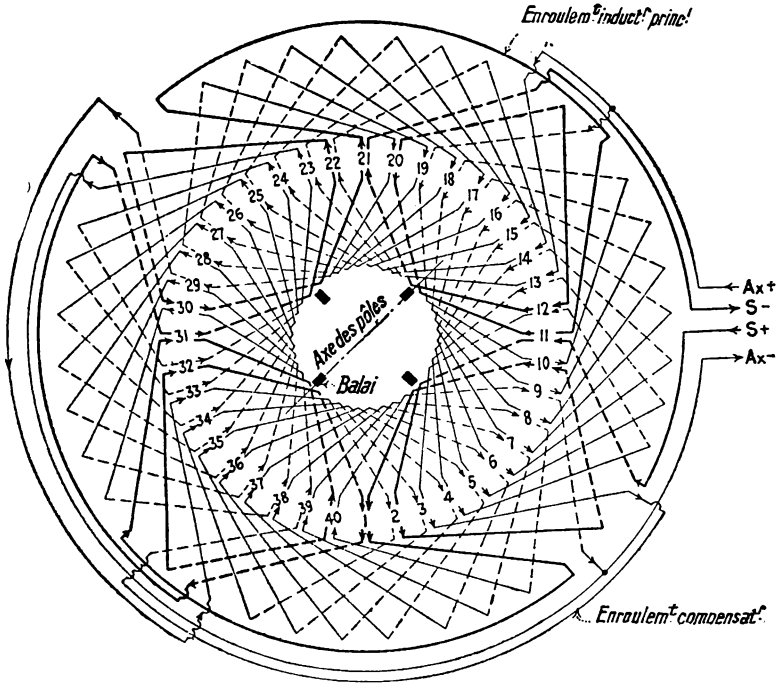


FIG. 263. — Connexions d'un moteur monophasé série à enroulement de compensation. Ce moteur tétrapolaire peut être alimenté sous 300 volts alternatifs ou 150 volts courant continu. Il a 40 encoches, 40 sections de deux spires, dont une seule est représentée. Les lignes en trait plein représentent les demi-sections supérieures et les lignes en pointillé les demi-sections inférieures. Le pas est de 1 à 10. L'axe des balais doit passer par l'axe des encoches 6, 16, 26 et 36.

que ces derniers ne se trouvaient pas sur la ligne des pôles, comme ils auraient dû se trouver. Autrement dit, il aurait fallu redébobiner le stator, pour le rebobiner. Le schéma de la figure 263 montre comment fut exécuté la correction dans le branchement.

On a trouvé que le bobineur, au lieu de partir de l'encoche 11, comme le montre le schéma correct, partit de l'encoche 14, en S1. Comme tout le reste du bobinage, par rapport à cette origine, a été réalisé correctement, le bobinage obtenu était décalé de

quatre encoches, ce qui se traduisait par un décalage mécanique des pôles principaux de 27°. Les balais se trouvaient sur l'axe des encoches 6-12-26-36, et auraient dû être également sur l'axe des pôles principaux. En fait, le bobineur avait pris comme axe des pôles principaux les axes des encoches 9-19-29-39; une section dans le champ actif se trouvait ainsi en court-circuit, ce qui se traduisait par l'apparition de courants intenses dans cette section, d'où crachements et échauffement.

Il faut absolument, dans le rebobinage de tels moteurs, noter dans quelles encoches se trouve les bobines de l'inducteur principal avant tout débobinage des vieux enroulements. On peut y arriver en utilisant un poinçon d'acier avec lequel on frappe le numéro de l'encoche. Il faut alors relever un schéma indiquant la mise en place correcte des bobines, comme on peut en voir un exemple sur la figure 263, schéma comportant le même numérotage des encoches; à cette condition, on pourra facilement effectuer un rebobinage correct, et faciliter le travail de connexion entre bobines.

CHAPITRE XXVIII

REBOBINAGE D'UN MOTEUR SÉRIE COMPENSÉ

Les détails ci-dessous décrivent un mode de rebobinage de moteur série-compensé monophasé avec bobines préfabriquées. La raison de l'emploi d'un enroulement de compensation est donnée au chapitre XXVII. Ces bobines préfabriquées ont toutes

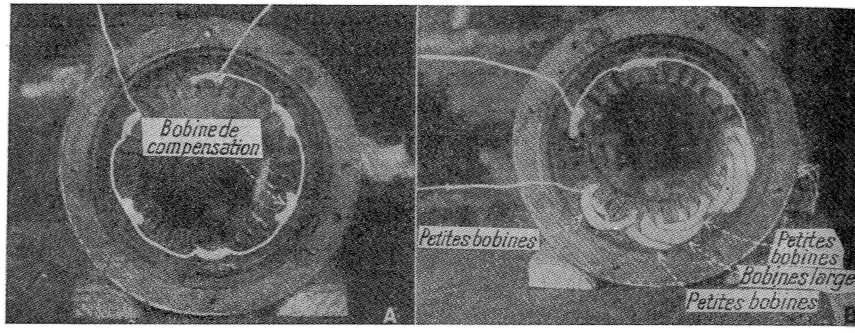


FIG. 264. — Mise en place d'un enroulement de compensation et d'un enroulement principal dans un moteur série monophasé. En A, l'enroulement de compensation est terminé : les six bobines de compensation sont disposées sur six dents plus larges que les autres. En B, une partie de l'enroulement principal a été bobinée : il comprend 18 sections dont 6 sont deux fois plus grandes que les autres. Notez comment la partie supérieure de la première grande section est maintenue en place pendant le bobinage au moyen de plusieurs cales disposées dans les encoches.

la même dimension, mais certaines ont deux fois plus de spires. Dans ce cas certaines dents du stator sont plus larges que d'autres.

Le stator dont nous donnons ci-dessous les caractéristiques de rebobinage comporte 30 encoches et 24 sections. Il y a 18 sections principales, inductrices, et 6 sections de compensation. Toutes les cinq dents, se trouve une dent plus large, comme on peut le voir sur la figure 264. Les sections de compensation sont bobinées sur ces six dents plus importantes.

Bobinage de l'enroulement de compensation sur le stator. — Les sections de compensation sont bobinées à la main, une section étant en sens contraire de la section précédente, figure

265 D. Le fil n'est pas coupé en passant d'une section à l'autre, mais il est conduit vers la suivante, ce qui élimine les connexions soudées. La première bobine de compensation débute dans l'encoche 1 et se termine dans l'encoche 2. On commence ensuite la seconde bobine dans l'encoche 6 pour la finir dans l'encoche 7.

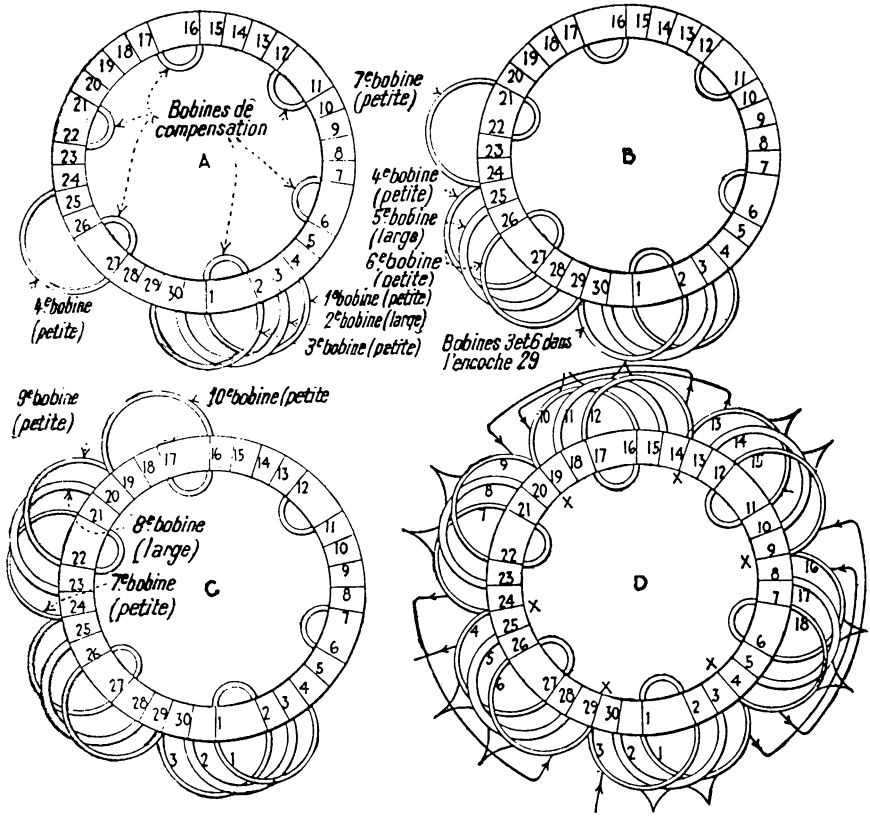


FIG. 265. — Différents stades du bobinage d'un moteur monophasé (stator) série compensé.

On répète ce mode opératoire autour de toutes les dents larges, comme on peut le voir en A, figure 265.

Bobinage de l'enroulement principal sur le stator. — On voit en B, figure 265, une partie de l'enroulement principal mis en place sur le stator. Cet enroulement comporte 18 bobines, dont 6 ont deux fois plus de spires que les 12 autres.

Ce bobinage est une combinaison d'un bobinage à deux encoches par bobine (1 étage) et d'un bobinage à une encoche par

bobine (2 étages). Une étude du schéma B, figure 264, montrera que chaque bobine à grand nombre de spires remplit complètement deux encoches. Chaque bobine à faible nombre de spires est mise en place de telle sorte qu'elle occupe une encoche déjà occupée par une demi-bobine de l'enroulement de compensation; l'autre côté de la bobine à faible nombre de spires recouvre une autre bobine à petit nombre de spires. Ces bobines à petit nombre de spires sont faites de telle sorte qu'elles se recouvrent toutes les six encoches.

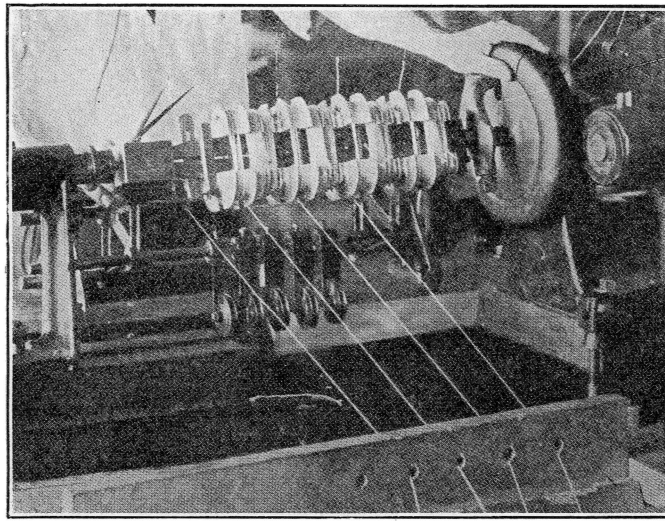


FIG. 266. — Bobinage en série sur gabarit de sections, sans couper le fil en passant de l'une à l'autre. On bobine en même temps quatre jeux de sections, chaque gabarit ayant une taille différente. On peut ainsi bobiner en une seule fois toutes les sections d'un moteur tétrapolaire ayant trois sections par pôle.

La figure 265 donne les différents stades de la mise en place de l'enroulement principal. Les bobines de compensation sont indiquées par les petits arcs de cercle à l'intérieur du stator. La première bobine principale à remettre en place est une bobine à petit nombre de spires. Elle est disposée dans les encoches 1 et 4. L'encoche 1 renferme également une demi-bobine de compensation. Ces deux demi-sections remplissent totalement l'encoche 1. La seconde bobine principale à mettre en place est une bobine à grand nombre de spires; elle occupe les encoches 30 et 3 qu'elle remplit complètement. La troisième bobine de l'enroulement principal, une bobine à petit nombre de spires, occupe les encoches 29 et 2. L'encoche 2 renferme une demi-bobine de

l'enroulement de compensation, et, par suite, elle se trouve remplie quand la troisième bobine d'enroulement principal a été mise en place. La quatrième bobine de l'enroulement principal est mise dans les encoches 24 et 27. C'est une bobine à petit nombre de spires, qui remplit l'encoche 27, déjà partiellement remplie par une demi-bobine de compensation.

La figure 265 B montre une partie de l'enroulement en place. La cinquième section est à grand nombre de spires; elle est disposée dans les encoches 25 et 28, et elle travaille en sens inverse du premier groupe. La section 6 est disposée dans les encoches 26 et 29. L'encoche 26 renferme également une demi-bobine de compensation. L'encoche 29 contient déjà une demi-bobine de la section 3; par suite, les sections 3 et 6 se chevauchent dans l'encoche 29 et cette encoche.

La section 7 débute dans l'encoche 21 et se termine dans l'encoche 24, qui se trouvent remplies toutes les deux, puisque l'encoche 21 renferme une demi-bobine de compensation et l'encoche 24 un côté de la bobine 4, comme on peut le voir sur les schémas.

Le schéma suivant, C, figure 265, montre le troisième groupe en position, ainsi que le début du quatrième groupe formant un pôle. En D toutes les bobines sont en place et sont connectées les unes aux autres. Notez que la bobine 18 recouvre la bobine 1 dans l'encoche 4 et que 12 petites sections remplissent 18 encoches. L'enroulement est distribué de telle sorte que les bobines à petit nombre de spires se recouvrent en six endroits et, dans 12 autres encoches, elles recouvrent les bobines de compensation. Les six bobines à grand nombre de spires occupent 12 encoches qu'elles remplissent.

Les bobines principales peuvent être bobinées sur le même moule, leur seule différence résidant dans leur nombre de spires. Dans l'enroulement principal, trois bobines par groupes furent bobinées sur ce que l'on nomme moule de série (fig. 266). Ce gabarit est composé de trois centres séparés par des cloisons minces. Les trois sections sont bobinées sans couper le fil, donc, il n'y a que deux conducteurs, un d'entrée et un de sortie, pour ces trois bobines. On supprime ainsi 12 connexions intérieures. Toutefois, quand il n'y a qu'un moteur d'un type à rebobiner, le temps passé à exécuter un moule de série est bien supérieur à celui passé à faire les connexions intérieures d'un moteur.

L'induit de ce moteur est bobiné comme n'importe quel induit courant continu ondulé.

CHAPITRE XXIX

BOBINAGES DES MOTEURS MONOPHASÉS DE VENTILATEURS

Comme le moteur monophasé de ventilateur est largement répandu, et qu'on le rencontre sous de multiples réalisations différentes, nous avons pensé que le présent chapitre serait utile aux bobineurs, aussi bien pour réparer les modèles anciens que les modèles les plus récents. Les données qui suivent sont extraites d'un article publié dans le *Electric Journal,* par E. W. Denman.

Moteur série à collecteur. — Aux premiers stadès de leur développement, on a trouvé que les moteurs de ventilateur bobinés pour fonctionner sur courant continu étaient susceptibles de fonctionner sur courant alternatif monophasé, à condition d'être alimentés sous une tension nettement plus élevée, mais alors il y avait production intense d'étincelles au collecteur. Pour transformer un moteur série afin de le faire fonctionner sur courant alternatif, la réactance de l'enroulement inducteur était réduite en diminuant le nombre de spires à l'inducteur, mais, pour avoir un couple suffisant sans que l'intensité prenne des valeurs exagérées, il fallait augmenter le nombre de conducteurs de l'induit. La figure 267 représente le schéma d'un moteur série, dont l'induit se trouve en série entre les deux bobines inductrices. Tous les moteurs série à collecteur de petits ventilateurs sont bipolaires pour des raisons de simplicité et d'économie. Les premiers moteurs de ventilateurs étaient des moteurs n'ayant qu'une inductrice, et quelques constructeurs utilisent toujours ce type de moteur. Le schéma d'un tel moteur serait celui de la figure 267 avec une bobine inductrice en moins.

On réglait autrefois la vitesse de ces petits moteurs de ventilateurs en décalant les balais par rapport à la ligne neutre. Des modèles plus récents utilisaient une résistance en série avec le bobinage du moteur pour abaisser la tension appliquée au moteur, ce qui fait baisser sa vitesse. Des plots disposés sur la résistance permettaient de régler la vitesse à la valeur voulue.

Cette méthode de réglage est représentée sur la figure 267, sur laquelle on voit que la résistance se trouve sur un appareil séparé. Les premiers moteurs avaient un induit bobiné en anneau et un inducteur feuilleté découpé à la presse. L'inducteur feuil-

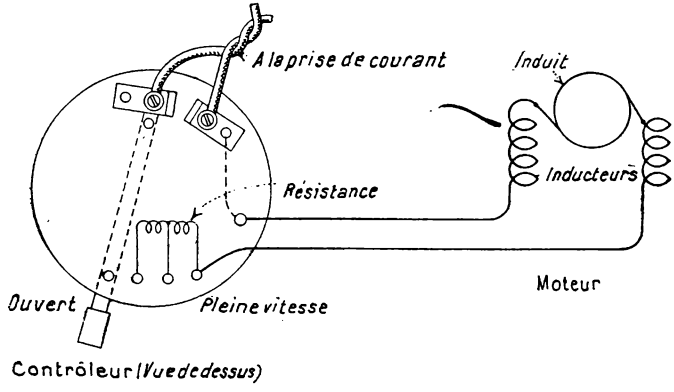


FIG. 267. — Ventilateur : moteur série à collecteur.

leté était nécessaire car, à cette époque, pratiquement tous les moteurs monophasés étaient alimentés en 133 périodes seconde,

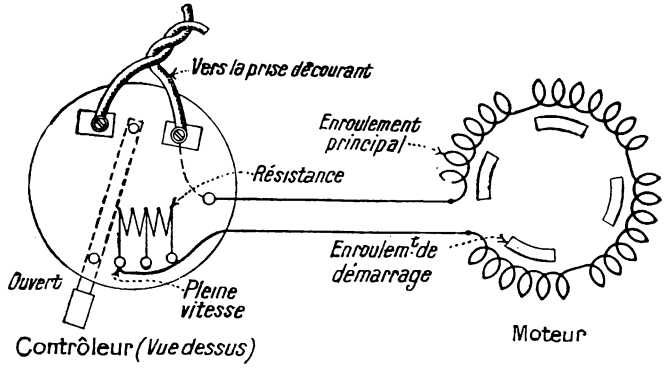


FIG. 268. — Bobinage d'un moteur avec bague-écran pour le démarrage.

et les pertes élevées dans le fer, conséquence de la fréquence élevée utilisée, se traduisaient par une élévation de température trop intense.

Moteur de ventilateur à induction. — Le stade suivant du développement du moteur de ventilateur fut le moteur à induction. Pour faire fonctionner un ventilateur à la vitesse voulue de

1.600 t. p. m., en alimentant le moteur en courant à 133 périodes, il fallait avoir 10 pôles à l'inducteur. Les pôles se trouvaient ainsi très tassés, et les bobines disposées un pôle sur deux étaient

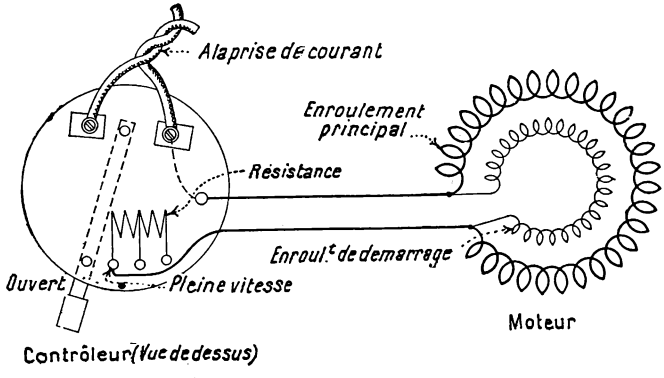


FIG. 269. — Moteur de ventilateur avec enroulement de démarrage à grande résistance.

toutes montées en série, avec la même polarité. Un tel bobinage porte le nom de bobinage à pôles conséquents. Les pôles sans bobinage formaient le chemin de retour du flux magnétique créé

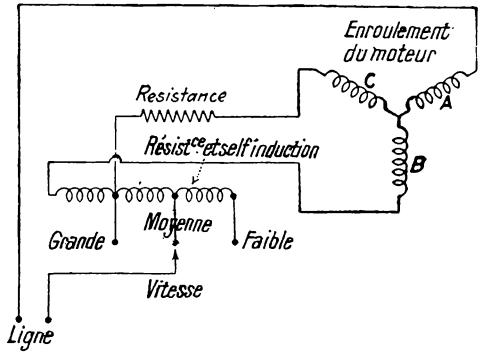


FIG. 270. — Moteur de ventilateur à phase auxiliaire avec résistance auxiliaire et réactance de démarrage.

par les pôles munis d'une bobine excitatrice. Pour obtenir un décalage de phase du flux dans les pôles, ou, autrement dit, pour que le moteur puisse démarrer, les cornes polaires étaient munies d'un écran d'un côté, c'est-à-dire d'une spire de cuivre en court-circuit. Le flux passant à l'intérieur de cette spire se trou-

vait retardé, tandis que le flux extérieur se trouvait en phase avec le courant dans les bobines inductrices.

Les rotors utilisés dans les moteurs à induction étaient toujours du type à cage d'écureuil; si l'on enlevait le fer du rotor, les barres de cuivre présentaient une disposition analogue à la cage d'écureuil. Si l'on compare ces rotors à ceux des moteurs identiques plus puissants, les moteurs de ventilateurs ont une résistance relativement élevée pour amener une diminution de la vi-

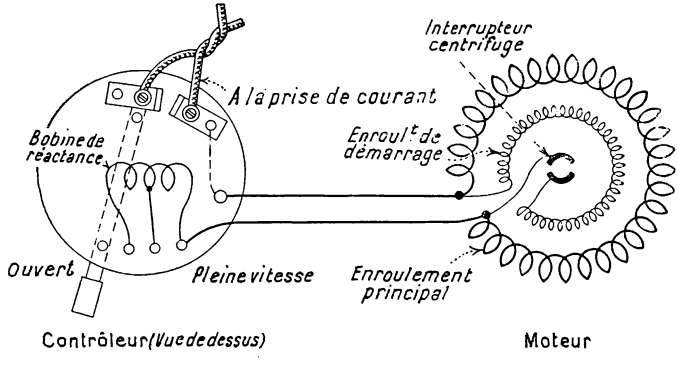


FIG. 271. — Ventilateur moteur monophasé avec interrupteur dans l'enroulement de démarrage.

tesse quand le flux des bobines inductrices diminue. On faisait varier la vitesse de ces moteurs en diminuant la tension aux bornes de l'enroulement inducteur, d'où diminution de l'intensité, diminution du champ, et glissement plus important du stator.

Pour tourner 1.600 t. p. m. sur un réseau à 60 périodes, les moteurs à induction doivent avoir quatre pôles. Pour cette fréquence et pour des fréquences inférieures, on a utilisé des pôles massifs prisonniers dans une carcasse coulée, bien qu'une telle réalisation se traduisent par des pertes excessives. Pour diminuer la puissance absorbée et améliorer les caractéristiques, on a par la suite utilisé un inducteur feuilleté constitué par des tôles découpées par emboutissage. Le démarrage se faisait par la même méthode que dans le moteur à 133 périodes, méthode toujours utilisée sur les petits moteurs à bas prix. On réglait la vitesse de ces moteurs en disposant en série avec l'inducteur soit une résistance soit une self-induction; les deux méthodes se traduisent par un abaissement de la tension aux bornes de l'inducteur. Un schéma de ce type de moteur est donné sur la figure 268.

Moteur à enroulements répartis. — Avec l'établissement des moteurs à inducteur feuilleté, comportant plusieurs encoches

par pôle, on découvrit qu'il était possible de répartir les enroulements sur toute la surface du pôle; quand le champ est judicieusement réparti, plus intense au centre du pôle que sur les bords, on obtient un moteur dont le fonctionnement est moins bruyant. Il fallut ainsi réaliser un moteur à inducteur en tôles minces embouties. Un avantage de cette réalisation, qui, par exemple, comportait 24 encoches, réside dans la possibilité de le bobiner en moteur bipolaire pour 25 périodes, ou tétrapolaire pour 60 périodes; le moteur actionnait ainsi un ventilateur à

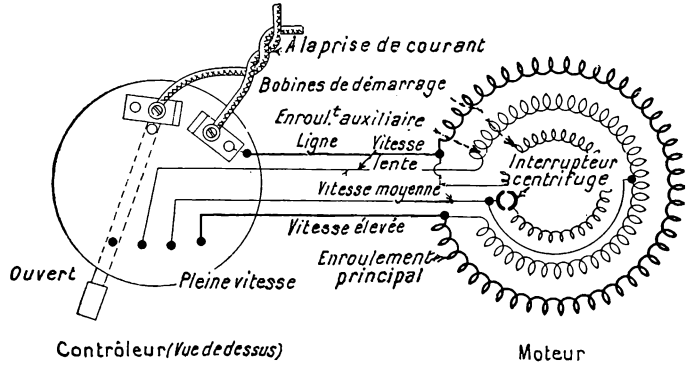


FIG. 272. — Ventilateur : moteur monophasé avec changement de vitesse par prises sur un enroulement auxiliaire.

quatre pales, dont la vitesse de rotation était de 1.400 ou 1.600 t. p. m.; bobiné en tétrapolaire pour 40 périodes ou en hexapolaire pour 60 périodes, il était possible d'utiliser un ventilateur à six pales tournant à 1.050 t. p. m. Cette souplesse d'adaptation de l'induit découpé à la presse était avantageuse pour le constructeur, qui réduisait ainsi le nombre de ses poinçons et de ses matrices.

Avec l'importance croissante prise par l'enroulement à bobinage réparti, le mode de démarrage dut être modifié, car ce mode d'inducteur s'accommode mieux d'un enroulement auxiliaire de démarrage alimenté par le réseau. Il existe deux types d'enroulements de démarrage, dont l'un reste toujours en parallèle avec l'enroulement principal, comme on peut le voir sur les figures 269 et 270; l'autre est mis hors circuit par un interrupteur centrifuge composée de leviers fixés au rotor et chargés de façon dissymétrique. Quand le rotor atteint une vitesse prédéterminée, l'enroulement auxiliaire se trouve mis hors circuit. Les figures 271 et 272 donnent des schémas de ce type de moteur.

Avec un enroulement de démarrage qui reste en circuit, le couple de démarrage nécessaire est celui qui correspond aux frottements du rotor. Pour cette raison, on envoie dans cet enroulement une puissance aussi faible que possible; le fait que cet enroulement n'est pas mis hors circuit par la suite ne fait que corroborer ce point de vue. La puissance totale absorbée par un moteur de ce type est supérieure à celle qu'absorbe un moteur identique avec mise hors circuit de son enroulement auxiliaire. L'enroulement auxiliaire coupé par interrupteur centrifuge est

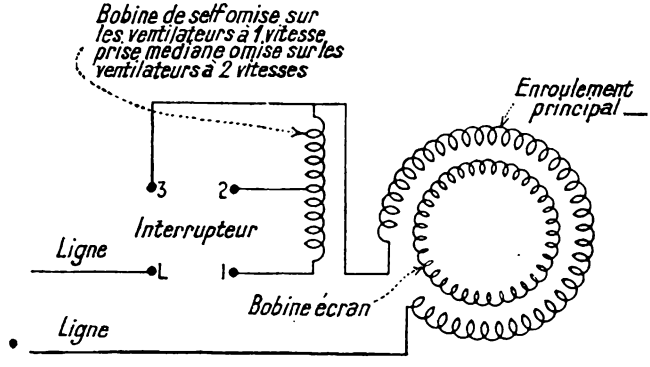


FIG. 273. — Moteur de ventilateur de plafond avec bobine écran de démarrage isolée.

le plus souvent plus puissant au démarrage que l'autre type, mais il est mis hors circuit après une certaine vitesse, ce qui se traduit par une diminution de la consommation.

Enroulement de démarrage. — Dans le premier type d'enroulement de démarrage, représenté figure 269, il y a deux enroulements séparés sur l'inducteur. Le plus important, ou enroulement extérieur, est l'enroulement principal; il se trouve réparti dans les encoches et fournit le champ principal. Le plus petit, ou enroulement intérieur, est disposé de telle sorte que le milieu de son pôle se trouve environ à un tiers de la distance qui sépare deux pôles principaux. Le nombre total de spires de l'enroulement principal est supérieur au nombre de spires de l'enroulement de démarrage, et, par suite, sa réactance est plus élevée. La résistance de l'enroulement de démarrage est très élevée comparée à celle de l'enroulement principal. Les deux enroulements sont montés en parallèle. L'intensité est presque en phase avec la tension dans l'enroulement de démarrage, tandis que dans l'enroulement principal il y a déphasage arrière par suite de sa

réactance. Comme le flux d'un pôle est en phase avec le courant, le flux de l'enroulement de démarrage est en avance sur le flux de l'enroulement principal, et il se produit un champ tournant de l'enroulement de démarrage vers l'enroulement principal. La puissance absorbée par cet enroulement n'est pas totalement perdue, et il fournit une partie du couple à vitesse normale.

Réglage de la vitesse d'un moteur de ventilateur. — Pour régler la vitesse d'un ventilateur muni d'un tel bobinage, on utilise soit une bobine de self induction, soit une résistance que l'on

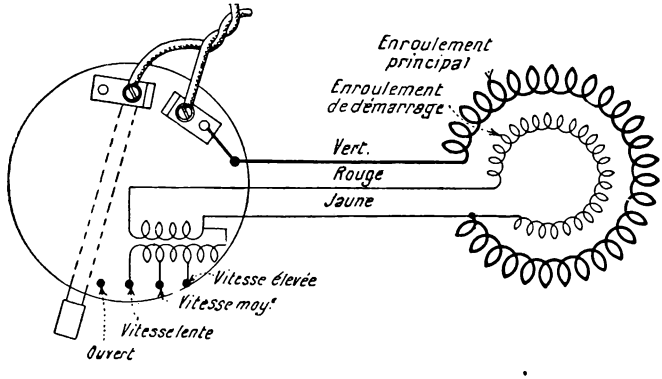


FIG. 274. — Schéma de moteur de ventilateur monophasé avec transformateur série, destiné à déphaser le courant dans l'enroulement de démarrage et faciliter le réglage de la vitesse.

dispose en série avec l'enroulement inducteur; on diminue ainsi la tension aux bornes du moteur, donc le flux, et le glissement augmentent. On utilise le plus souvent une résistance, pour des raisons de fabrication, et cette solution donne de bons résultats. La plupart des ventilateurs ont des résistances comportant une prise, ce qui permet de réaliser trois vitesses du moteur.

Le ventilateur dont le schéma est donné sur la figure 270 possède trois enroulements sur l'inducteur. Tous possèdent un point commun. Ils sont le plus souvent disposés à un tiers de la distance interpolaire. Comme le montre le schéma, A est relié à un conducteur de ligne, B est relié à l'autre conducteur de ligne à travers une réactance et C est relié au même conducteur de ligne à travers une résistance. Cette réactance et cette résistance sont proportionnées de telle sorte que le courant qui pénètre dans l'enroulement A se divise entre les enroulements B et C de telle sorte que le champ résultant ait les caractéristiques de celui d'un moteur polyphasé; ce type de moteur a donc un bon couple de

démarrage. Dans certains moteurs, la résistance représentée en série avec l'enroulement C est simplement réalisée dans le moteur en utilisant un conducteur plus fin ou plus résistant. Comme le courant dans le circuit à résistance élevée est en avance par rapport à celui de l'enroulement à réactance élevée, et que les courants combinés traversent A, le flux du circuit C est en avance sur le flux de A, et le flux de A est en avance sur celui de B; le rotor tourne de C vers A.

Le réglage de vitesse dans un enroulement de ce type s'obtient le plus souvent en disposant plus de spires sur la self en série

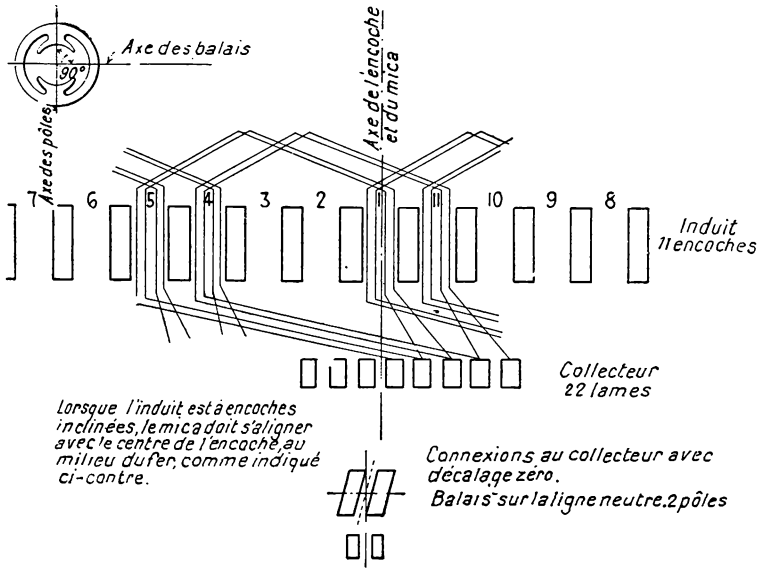


Fig. 275. — Schéma d'enroulement et de connexion pour moteur série de ventilateur avec décalage zéro de connexions au collecteur.

sur B qu'il n'en faut pour fonctionner correctement à vitesse élevée. Des prises, disposées sur cette self, permettent de les mettre en série sur tout le moteur, aussi bien sur l'enroulement à résistance que sur celui à self. Cette self induction supplémentaire diminue la tension aux bornes du moteur, ce qui se traduit par une diminution de la vitesse.

Le schéma le plus simple avec interrupteur centrifuge sur l'enroulement de démarrage est celui de la figure 271. L'enroulement principal est composé de fil de grosse section réparti sur les pôles et, quand le moteur est à sa vitesse normale, cet enroulement est

l'enroulement de puissance. Le centre du pôle de l'enroulement auxiliaire est équidistant de deux pôles principaux, qu'il recouvre partiellement de chaque côté. L'enroulement de démarrage peut être bobiné soit sous forme étalée, soit sous forme concentrée; la différence, une fois le moteur en marche, est minime, puisque, de toute façon, il se trouve mis hors circuit.

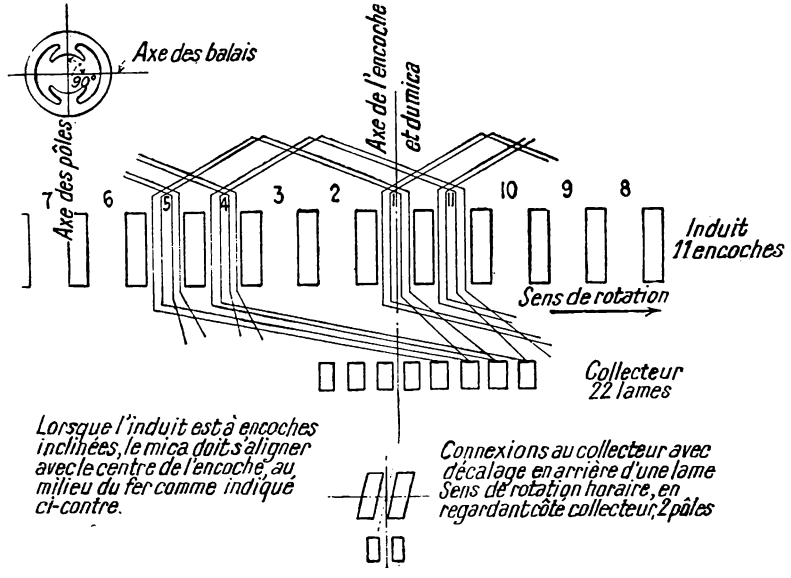


FIG. 276. — Schéma d'enroulement et de connexion pour moteur série de ventilateur avec décalage des connexions au collecteur d'une lame en arrière.

Pour diminuer la vitesse d'un ventilateur muni d'un moteur bobiné comme décrit ci-dessus, on utilise une bobine de self induction. Le courant de démarrage est plusieurs fois celui de marche normale, et si l'on utilisait une résistance pour le démarrage, la chute de tension dans cette dernière serait si importante que le ventilateur ne pourrait pas atteindre la vitesse à laquelle l'interrupteur centrifuge fonctionne. La self utilisée doit être telle que son circuit magnétique soit saturé; une augmentation d'intensité se traduit à ce point par une faible chute de tension, et le ventilateur peut atteindre une vitesse suffisante pour que l'enroulement de démarrage se trouve mis hors circuit par l'interrupteur centrifuge. Dans ce cas, le couple de l'enroulement principal est inférieur à sa valeur quand il se trouve alimenté sous pleine tension, et le ventilateur tourne sous vitesse réduite.

Variation de vitesse par prise sur l'enroulement auxiliaire. — La figure 272 représente un moteur de ventilateur identique à celui de la figure 271, la seule différence résidant dans le fait que la vitesse se règle au moyen d'un enroulement principal à prises. Le plot de la plus grande vitesse est celui pour lequel le nombre de spires de l'inducteur est le plus faible; le flux est maximum, vitesse et couples sont élevés. Pour diminuer la vitesse, on augmente le nombre de spires de l'enroulement principal : le flux diminue, ainsi que la vitesse; le changement de

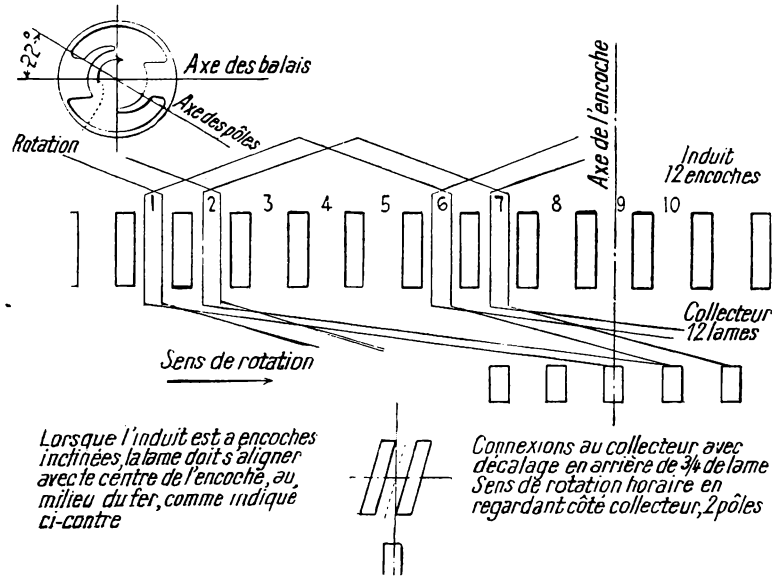


FIG. 277. — Schéma d'enroulement et de connexion pour moteur série de ventilateur avec décalage des connexions au collecteur de 3/4 de lame en arrière.

prise s'effectue par un levier disposé sur le socle du ventilateur. L'enroulement de démarrage fonctionne comme celui de la figure 271. Les avantages de ce mode de réalisation résident dans la diminution de la puissance absorbée par le moteur aux faibles vitesses, les pertes dans la self induction étant supprimées. On peut de plus obtenir une plus grande réduction de vitesse.

Ventilateurs de plafond. — La vitesse d'un ventilateur de plafond est faible en comparaison de celle d'un ventilateur de table, et, en courant alternatif, leurs moteurs sont bobinés avec un plus grand nombre de pôles. L'enroulement principal utilisé possède un démarrage par bobine-écran, car il est délicat de faire fonc-

tionner un interrupteur centrifuge aux faibles vitesses. Quelques moteurs ont des bobines-écran en bande de cuivre, sur une partie du pôle, comme l'appareil de la figure 268. D'autres ont une bobine-écran en gros fil flexible, qui est introduite dans les encoches par-dessus l'enroulement principal, et dont on soude ensuite ensemble les deux extrémités. On obtient ainsi un enroulement en court-circuit, figure 273. L'enroulement de démarrage est isolé avant d'être disposé dans les encoches, afin de ne pas

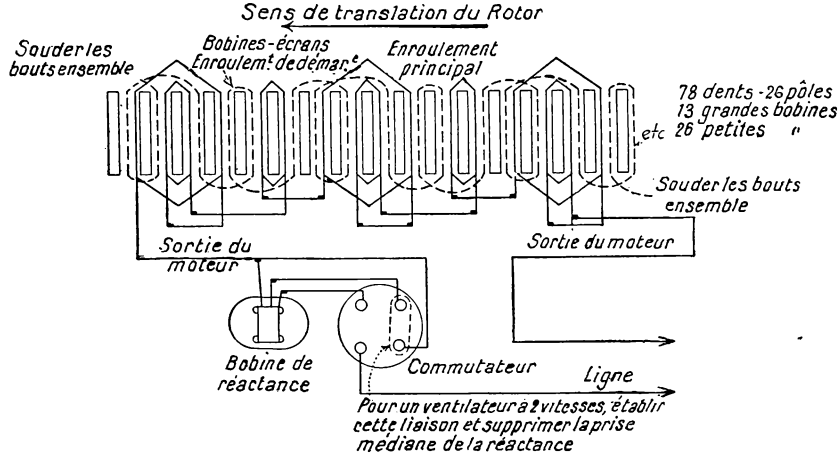


FIG. 278. — Enroulement pour ventilateur de plafond de 142 centimètres avec bobines-écrans et bobine de réactance.

risquer de mettre à la masse l'enroulement principal. Il produit le même effet d'écran sur tous les pôles principaux, et l'on obtient un moteur à marche particulièrement douce. La régulation de vitesse s'effectue au moyen d'une bobine de self en série avec l'enroulement principal.

Construction d'un moteur de ventilateur destiné à fonctionner aussi bien sur courant alternatif que sur courant continu. — En même temps que se perfectionnait le moteur à induction de ventilateur, destiné à fonctionner sur courant alternatif, on portait une attention soutenue au moteur série susceptible de fonctionner indifféremment sur courant alternatif et sur courant continu; ce dernier n'a pas subi de modifications aussi profondes de ses enroulements. L'induit à encoches, obtenu par découpage à la presse, donne un induit bien supérieur à l'ancien induit en anneau. On utilisait, en courant continu, une carcasse coulée en fer, avec pôles massifs. La fabrication des moteurs

série utilisables indifféremment sur courant continu et alternatif s'est traduite par l'adoption d'un inducteur feuilleté, combiné à un induit également feuilleté découpé à la presse. Avec ces inducteurs et induits feuilletés, le moteur peut être utilisé aux basses fréquences mieux que le moteur à induction, par suite des vitesses obtenues avec le moteur à induction bipolaire. Les perfectionnements des bobinages de moteurs série, par suite de l'apparition des inducteurs et induits feuilletés, ont consisté à déterminer le nombre de spires correct de l'inducteur et de l'induit destinés à travailler sous des fréquences différentes pour donner en même temps le meilleur fonctionnement et le rendement le plus élevé.

Bobinage des moteurs de ventilateur à induction à fort couple de démarrage. — Les derniers perfectionnements des bobinages de moteurs à induction pour ventilateurs se sont traduits par la fabrication de moteurs à haut rendement, à couple de démarrage élevé, sans interrupteur centrifuge, avec une grande marge de réglage de vitesse. La figure 274 donne un schéma de ce type de bobinage. L'enroulement moteur est le même que celui de la figure 271, avec l'interrupteur centrifuge en moins; le conducteur de l'enroulement de démarrage qui allait à l'interrupteur centrifuge est sorti du moteur. Le socle du moteur comporte un transformateur dont l'enroulement primaire est en série avec l'enroulement principal du moteur, tandis que le secondaire alimente l'enroulement de démarrage. Les caractéristiques du transformateur sont les mêmes que celles d'un transformateur série avec réactance dans le circuit secondaire. Quand le moteur avec tous ses enroulements est branché sur le réseau, le courant dans l'enroulement principal traverse le primaire du transformateur et la tension qui prend naissance dans l'enroulement secondaire est envoyée sur l'enroulement de démarrage. Le retard de la tension dans le secondaire sur l'intensité dans le primaire, plus le retard causé par la réactance de l'enroulement de démarrage se traduit par un angle de déphasage important entre les intensités dans l'enroulement principal et l'enroulement de démarrage. On a trouvé lors de mesures que, si le transformateur est judicieusement calculé, le déphasage au démarrage est voisin de 90° électriques. On démarre alors dans des conditions très voisines de celles des moteurs biphasés. Une fois en vitesse, le déphasage diminue légèrement, mais sa valeur reste toujours suffisante pour que l'enroulement de démarrage fournisse une aide non négligeable à l'enroulement principal.

Pour diminuer la vitesse du ventilateur, on ajoute des spires

au primaire du transformateur; on ajoute ainsi une réactance en série avec l'enroulement principal du moteur, ce qui diminue le champ du moteur. De plus, comme le fer du transformateur travaille presque à saturation, l'addition de spires dans l'enroulement primaire, en même temps que la diminution de l'intensité maintient la tension secondaire sensiblement constante. On peut ainsi obtenir un couple élevé de démarrage aux faibles vitesses et, par suite, une possibilité de variation de vitesse plus grande.

Les avantages de ce mode de bobinage sont les suivants : grande variation de vitesse possible, réduction de la puissance absorbée quand la vitesse diminue, couple de démarrage élevé, marche très douce du moteur monophasé. L'augmentation de la diminution de vitesse par ce système est de 25 à 100 % plus élevée que celle que l'on peut obtenir par les autres méthodes. La réduction de puissance absorbée est presque proportionnelle à la réduction de vitesse. Le couple de démarrage élevé à toutes les vitesses élimine les risques de grillage lors d'alimentation sous tension réduite. Ce moteur, avec ses enroulements presque polyphasés, est également plus doux en marche qu'un moteur monophasé ordinaire.

Influence du changement du nombre des pales de ventilateurs sur le moteur. — Les notes suivantes, qui proviennent d'un atelier de rebobinage, expliquent pourquoi certains moteurs de ventilateurs grillent sans que l'on puisse incriminer le constructeur.

Quand, à une certaine période, nous avons reçu en rebobinage un grand nombre de moteurs à induction de ventilateurs à six pales, un examen soigneux a montré que dans presque tous les cas l'enroulement d'excitation et le transformateur situé dans le socle avaient chauffé à un tel point que les isolants avaient été grillés, ces deux enroulements se trouvant alors mis en court-circuit. Comme, le plus souvent, l'échauffement était régulier, quant à ses manifestations, nous avons conclu à une surcharge. Vérification faite, cette surcharge provenait du fait que le ventilateur d'origine à quatre pales avait été remplacé par un ventilateur à six pales.

Quand ces ventilateurs étaient amenés à l'atelier, on en relevait les numéros de construction et de série et, dans tous les cas, on a vérifié qu'à l'origine les hélices montées n'avaient que quatre pales et non six. En demandant aux propriétaires de ces ventilateurs, nous avons trouvé les raisons suivantes qui expliquent

ces modifications : (1) le propriétaire voulait un ventilateur plus puissant et, pour cette raison, il remplaça l'hélice à quatre pales par une hélice à six pales; (2) les hélices d'origine à quatre pales étaient mal équilibrées et ne pouvaient pas être rectifiées. Ces modifications furent toutes effectuées pendant une vague de chaleur et le propriétaire ne put se procurer une hélice à quatre pales, aussi il se procura une hélice à six pales. Le dernier exemple provient d'un revendeur qui, lorsqu'on lui demandait un ventilateur à six pales, remplaçait l'hélice à quatre pales d'un ventilateur par une hélice à six pales. Ce même vendeur avait remplacé des hélices à quatre pales par des hélices à six pales sur des ventilateurs à courant continu sans avoir d'ennuis. Tous les moteurs considérés en courant continu étaient des moteurs série, et le remplacement de l'hélice se traduisait simplement par une augmentation du couple résistant; le moteur ralentissait et les bobinages ne chauffaient pas suffisamment pour griller.

Avec le moteur à induction, le cas est quelque peu différent. On bobine le plus souvent un stator de ventilateur à six pales en moteur hexapolaire et un stator de moteur à quatre pales en moteur tétrapolaire. Par suite, la vitesse de chaque type est parfaitement déterminée. De plus, les enroulements de ces moteurs sont du type à phase auxiliaire, et la charge du moteur doit toujours rester dans les limites du couple du moteur. La vitesse de synchronisme d'un moteur tétrapolaire est de 1.800 t. p. m., et celle d'un moteur hexapolaire de 1.200 t. p. m., et ce moteur actionne le plus souvent une hélice à six pales; il en résulte que cette même hélice disposée sur un moteur tétrapolaire tourne 50 % plus vite. La puissance nécessaire pour faire tourner cette hélice varie comme le cube de la vitesse et, par suite, le moteur tétrapolaire travaille avec une surcharge considérable quand il met en mouvement une hélice à six pales.

CHAPITRE XXX

TROIS MOTEURS SPÉCIAUX A COURANT ALTERNATIF

I. — *Moteur monophasé à capacité*

Le moteur à capacité constitue une récente variante du moteur monophasé et possède des caractéristiques de fonctionnement meilleures que les moteurs monophasés ordinaires à phase auxiliaire et que les moteurs de type à répulsion-induction, au point de vue rendement et cosinus φ. Dans le *Electrical World* du 31 mars 1928, le Professeur Benjamin F. Bailey, de l'Université de Michigan, donne les détails suivants sur les propriétés et le fonctionnement de ce moteur :

Les connexions du moteur avec capacité sont représentées sur la figure 279 (*a*). Comme le moteur monophasé ordinaire, il y a deux enroulements à 90° électriques l'un de l'autre. L'enroulement 2, néanmoins, a en général autant de cuivre, approximativement, que l'enroulement 1, bien que le nombre de tours des deux enroulements ne soit pas nécessairement le même.

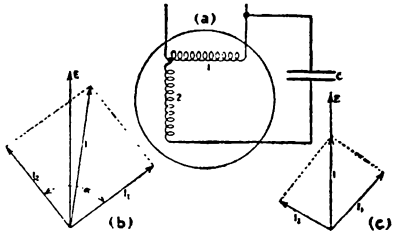


FIG. 279. — (*a*) Circuits d'un moteur avec capacité. Diagrammes vectoriels ; (*b*) au démarrage et (*c*) en marche à pleine charge et facteur de puissance égal à 1.

Dans la plupart des cas, il sera avantageux de placer plus de tours dans l'enroulement 2 que dans l'enroulement 1 en utilisant un fil plus fin, afin d'avoir un poids de cuivre approximativement identique dans les deux enroulements. L'enroulement 2 est connecté un condensateur C, au lieu d'une résistance. Ce condensateur reste en circuit en permanence bien qu'il soit en général préférable, comme on le verra, d'avoir plus de capacité au démarrage qu'en marche.

Conditions de démarrage et de marche. — Le diagramme vectoriel du moteur au démarrage est représenté figure 279 (*b*). Le courant I_1 dans l'enroulement 1 est en retard, mais au moyen d'une capacité appropriée on peut amener le courant I_2, à être en avance dans l'enroulement 2. Le courant total est évidemment la somme géométrique de ces deux courants et

on peut le rendre très sensiblement en phase avec la tension. Donc le moteur a, au démarrage, un facteur de puissance presque égal à 1. On peut rendre l'angle α formé par I_1 et I_2 presque égal à 90°. Donc pour les mêmes courants circulant dans les enroulements, le couple de démarrage est plus grand et la somme des courants moindre, puisqu'ils s'ajoutent avec une différence de phase sensiblement égale à 90°.

On peut rendre en fait le couple de démarrage du moteur aussi grand ou même plus grand que celui d'un moteur polyphasé et comme les courants s'ajoutent approximativement à 90° le courant pris à la ligne sera quand même moindre. Donc, le moteur développera presque le même couple qu'un

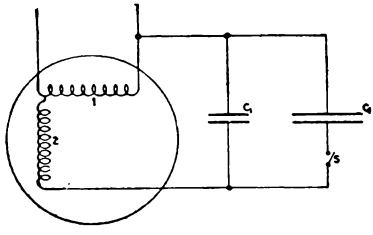


FIG. 280. — Méthode de variation de la capacité, après démarrage avec une capacité de valeur élevée.

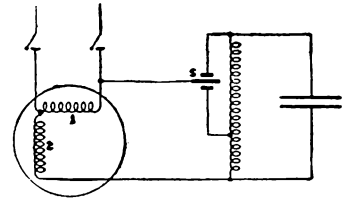


FIG. 281. — Méthode de variation de la capacité à l'aide d'un autotransformateur.

moteur polyphasé en absorbant un courant égal à 70 %, ce qui donne un rendement de démarrage remarquablement plus grand.

Comme dans le cas du moteur monophasé ordinaire on peut, si nécessaire, accroître beaucoup le couple en réduisant le nombre de spires de l'enroulement 2. En général, néanmoins, l'enroulement 2 peut avoir plus de spires que l'enroulement 1 et le moteur développera quand même un grand couple de démarrage. Cela rend possible l'emploi d'un condensateur plus petit et moins cher.

Le diagramme vectoriel de ce moteur en pleine charge et cos $\varphi = 1$ est représenté figure 279 (*c*). Le courant I_1 est moins en retard qu'au démarrage du moteur et le courant I_2, avec une valeur appropriée de la capacité, est presque à angle droit avec I_1. Donc, le moteur fonctionne pratiquement comme un moteur diphasé. Il a l'avantage sur ce dernier, cependant, en ce que les courants I_1 et I_2 s'ajoutent suivant un tel angle que leur résultante I, qui est évidemment le courant de ligne, peut être en phase avec la tension de la ligne E. Evidemment, si on le désire, on peut amener le courant de ligne à être en avance sur la tension.

Si la capacité du condensateur est ajustée de façon que le moteur donne sa meilleure performance sous la charge normale, on constatera que le couple de démarrage avec le même condensateur sera très faible, en général de l'ordre de 50 %. En utilisant un condensateur plusieurs fois plus grand on peut accroître le couple de démarrage de 200 à 400 %. Si le couple résistant de la charge à démarrer est très faible, mais augmente avec la vitesse, un moteur avec un condensateur de valeur fixe peut être satisfaisant. Par exemple, un ventilateur demande un faible couple au moment du démarrage et le couple nécessaire s'accroît comme le carré de la vitesse environ. Un moteur avec le

condensateur ajusté pour donner les meilleures conditions de marche aura une courbe vitesse-couple de même allure (voir figure 289) et, par conséquent, pourrait être utilisé avantageusement pour une telle application. Les pompes centrifuges et les meules aussi ont de telles caractéristiques vitesse-couple et peuvent être, apparemment, commandées d'une façon satisfaisante avec un condensateur de valeur fixe.

Cependant, si le moteur doit démarrer une charge, par exemple un compresseur de réfrigérateur possédant un grand frottement statique, il sera nécessaire d'utiliser au démarrage une plus grande capacité et de réduire ensuite celle-ci à une valeur convenable pour la marche normale. Une méthode pour opérer de cette façon est représentée figure 280. L'interrupteur S, qui peut être commandé soit par un relais, soit par la force centrifuge, sert à déconnecter le condensateur C_2 aussitôt que le moteur atteint les deux tiers de sa vitesse normale.

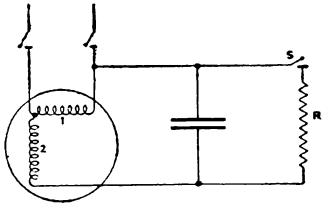


FIG. 282. — Connexion du moteur lorsque le couple de démarrage désiré est modéré.

Comme le condensateur C_2 peut avoir une capacité plusieurs fois supérieure à celle de C_1 son prix serait excessif s'il était de construction habituelle. Cette remarque serait particulièrement vraie dans le cas des moteurs à basse tension. Une méthode pour réduire ce prix consiste à employer pour C_2 un condensateur électrolytique.

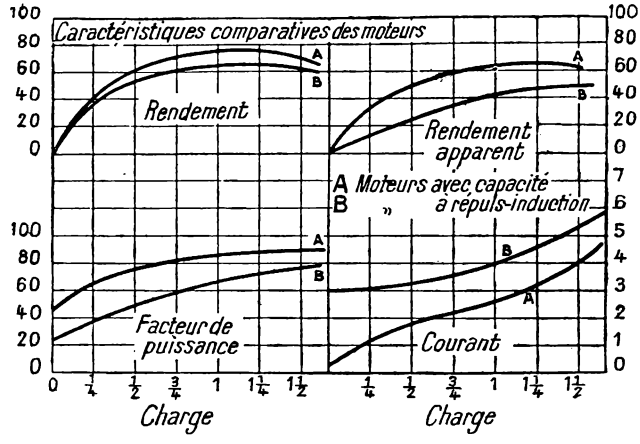


FIG. 283. — Courbes caractéristiques des moteurs avec capacité et des moteurs à répulsion-induction.

Une autre méthode pour atteindre le même but est représentée figure 281. Le condensateur est connecté au moteur par l'intermédiaire d'un transformateur à rapport de transformation variable. On emploie de préférence un auto-transformateur parce que celui-ci est quelque peu moins cher et d'un meilleur rendement qu'un transformateur du type ordinaire.

Au moment du démarrage l'interrupteur S est fermé sur le contact inférieur du transformateur. La tension appliquée au condensateur croît et le cou-

rant absorbé par celui-ci augmente dans le même rapport. Le courant traversant le circuit du moteur augmente aussi dans ce même rapport par l'effet du transformateur. Pour la marche normale l'interrupteur est fermé sur le contact supérieur et l'effet du condensateur se trouve diminué de façon cor-

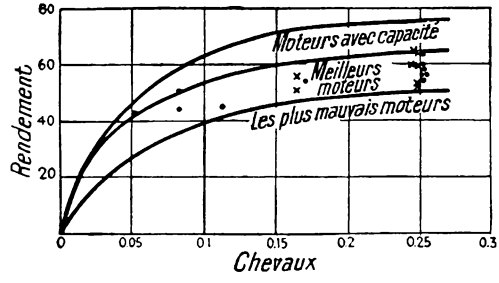


FIG. 284 *A*. — Rendement des petits moteurs, 110 volts, 60 périodes, 1.800 tours par minute. Les moteurs monophasés ordinaires sont indiqués par des points et les moteurs à répulsion-induction par des croix.

respondante. La prise supérieure de l'auto-transformateur, au moins pour les moteurs à tension élevée, devra se faire, de préférence, sur l'extrême bout supérieur. Ainsi en marche normale le transformateur sera inactif. N'était-ce la complication des interrupteurs nécessaires à prévoir, il devrait être complètement déconnecté.

Il est évident qu'avec ce schéma on peut employer un condensateur de faible capacité. D'autre part, on ne doit pas oublier que l'épaisseur du diélec-

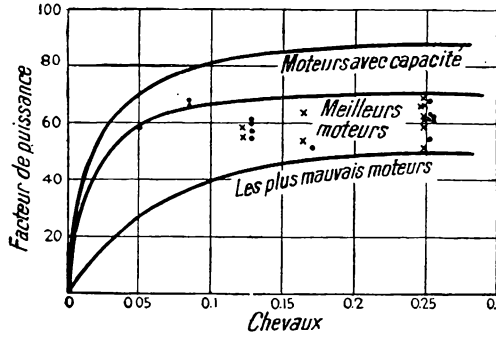


FIG. 284 *B*. — Facteur de puissance des petits moteurs, 110 volts, 60 périodes, 1.700 tours par minute. Les moteurs monophasés ordinaires sont indiqués par des points, les moteurs à répulsion-induction par des croix.

trique doit être suffisante pour résister au voltage le plus élevé. Si nous comparons les condensateurs au point de vue de leur valeur en volts-ampères ce schéma n'est pas plus économique. Il est vrai, cependant, qu'un condensateur d'une valeur en volts-ampères donnée est moins cher par exemple pour 440 volts que pour 220 volts. Cette économie est contrebalancée, au moins partiellement, par le prix de l'auto-transformateur et par le prix de

l'interrupteur plus compliqué. Il existe, évidemment, une perte permanente dans le transformateur, et cela diminue le rendement du moteur de 2 à 4 % environ.

Si on désire seulement un couple de démarrage modéré et si on peut admettre un courant de démarrage relativement élevé on peut employer le schéma représenté figure 282. Ici au condensateur C_2 on a substitué une résistance. Un moteur commandé de cette façon aura de meilleures caractéristiques de démarrage qu'un moteur monophasé ordinaire, mais il

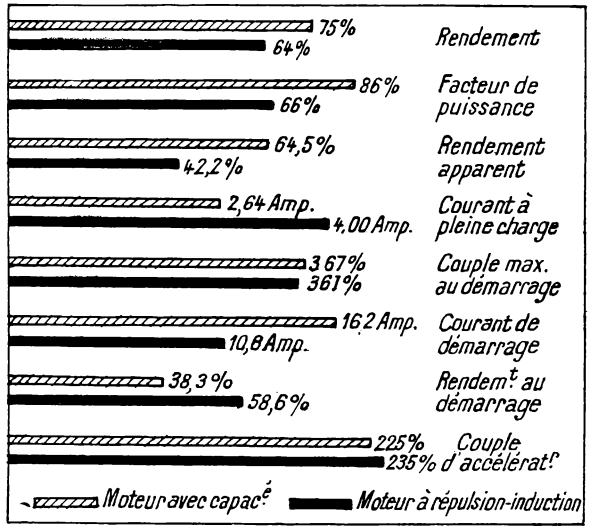


FIG. 285. — Comparaison graphique des moteurs avec capacité et à répulsion-induction.

ne sera pas évidemment, dans ce sens, aussi bon qu'un moteur avec capacité. Ce schéma coûte naturellement moins cher et peut être satisfaisant pour quelques applications, comme par exemple pour les moteurs des brûleurs à mazout ou des machines à laver.

Comparaison avec les autres moteurs monophasés. — La figure 283 représente les courbes caractéristiques d'un moteur avec capacité et celles du meilleur moteur à répulsion-induction. Tous les deux sont de même spécification nominale, à savoir : 1/4 CV, 1.800 tours par minute, 60 périodes, 110 volts. Le rendement en pleine charge du moteur avec capacité est de 75 %, celui du moteur à répulsion-induction, de 64 %.

En d'autres mots, la facture de l'usager sera pour un moteur avec capcité les 85 % de celle pour le meilleur moteur à répulsion-induction existant. Le facteur de puissance en pleine charge du moteur avec capacité était 0,86 ; celui de l'autre moteur 0,66. En utilisant un condensateur plus fort on aurait pu porter le facteur de puissance du moteur avec capacité à l'unité. Le rendement apparent du moteur avec capacité en pleine charge est de 64 % et celui du moteur à répulsion-induction de 42 %. Les courants correspondants à pleine charge sont respectivement 2,6 et 4 ampères.

Pour fabriquer le moteur avec capacité on a utilisé un moteur monophasé

ordinaire du type standard. On a enlevé l'enroulement statorique et on l'a remplacé par un autre convenable pour le moteur avec capacité. Cette modifi-

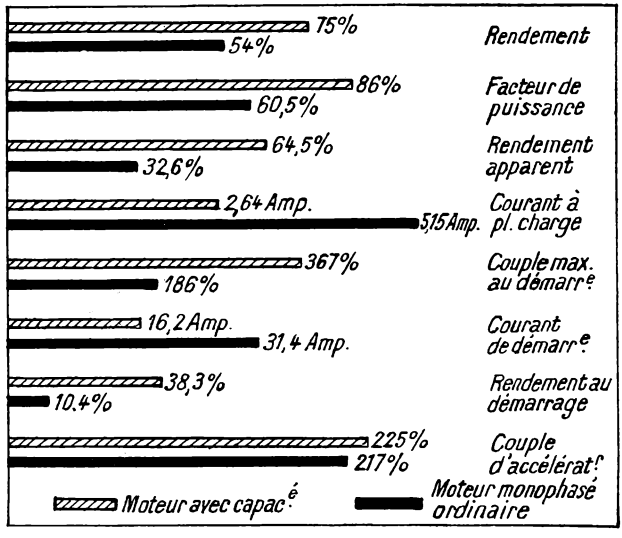


FIG. 286. — Comparaison graphique des moteurs avec capacité et monophasé ordinaire.

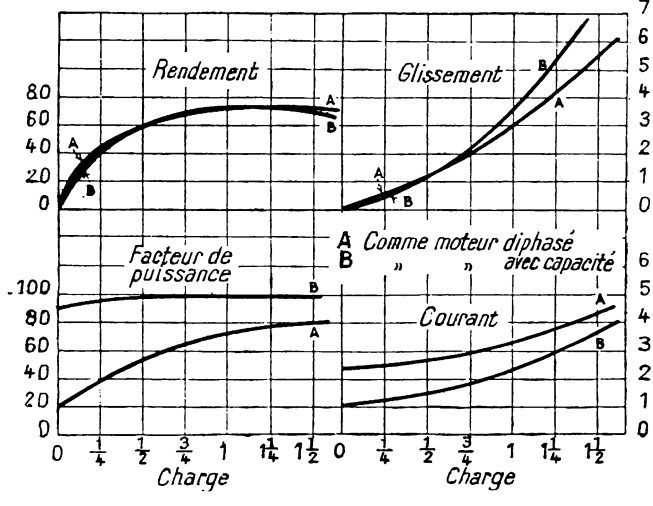


FIG. 287. — Comparaison entre les caractéristiques normales d'un moteur diphasé et les caractéristiques obtenues en faisant fonctionner ce même moteur comme moteur avec capacité.

cation mise à part, le moteur est exactement le même. Le poids total du moteur, moins les condensateurs, était de 12,7 kg, tandis que le moteur à

répulsion-induction de comparaison pesait 19,5 kg. L'amélioration des caractéristiques n'a pas été obtenue en utilisant un moteur volumineux et onéreux. Il faut aussi faire ressortir que le moteur à répulsion-induction de comparaison est l'un des meilleurs existant sur le marché, sinon le meilleur : le courant de pleine charge de ce moteur était de 4 ampères, tandis que d'autres moteurs de mêmes caractéristiques (sur leur plaque d'immatriculation), absorbaient 6,5 ampères, ce qui correspond à un rendement apparent de 25,5 %. La

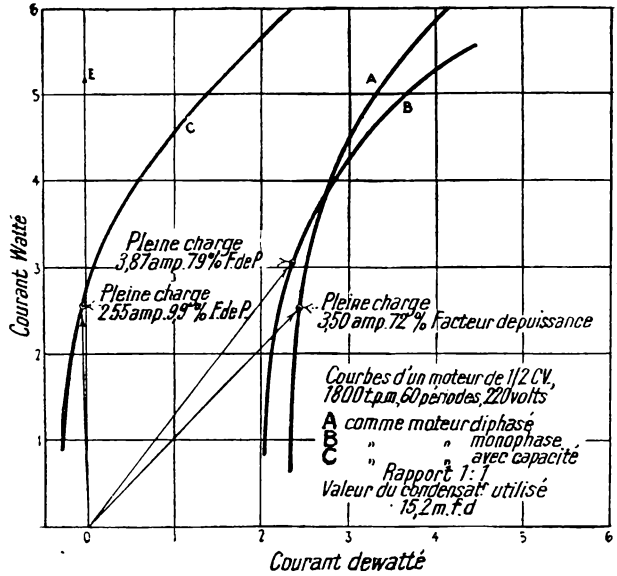


FIG. 288. — Courbes obtenues en essayant le moteur diphasé avec et sans condensateur.

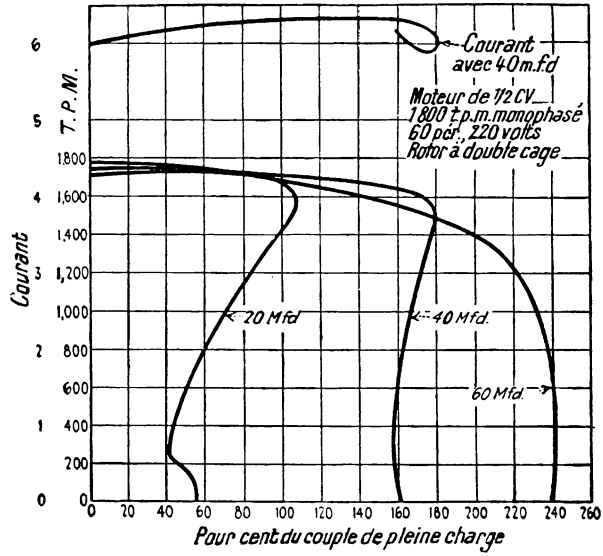


FIG. 289. — Courbes vitesse-couple d'un moteur avec capacité.

figure 285 représente graphiquement les résultats. On notera que ces deux moteurs donnent sensiblement le même couple de démarrage. Le courant de démarrage du moteur avec capacité est, néanmoins, 41 % plus élevé que celui du moteur à répulsion-induction et son rendement au démarrage est moindre dans le même rapport. Les couples d'accélération des deux moteurs sont approximativement les mêmes. La figure 286 représente une comparaison analogue entre le même moteur à capacité et le meilleur moteur d'un lot de moteurs monophasés à phase auxiliaire. La différence de rendement, facteur de puissance, rendement apparent et intensité est plus marquée que précédemment. En effet, on remarquera que le courant de pleine charge du moteur monophasé ordinaire est presque le double du moteur à capacité. Le couple au démarrage du moteur ordinaire est beaucoup plus petit que celui du moteur avec capacité et son courant de démarrage est beaucoup plus grand. Le couple par ampère du moteur avec capacité est presque quatre fois plus grand que celui du moteur ordinaire, comme cela ressort de la comparaison de leur rendement de démarrage. Quant au couple d'accélération, il est presque le même pour les deux moteurs.

Comparaison avec le moteur diphasé. — Afin de faire une comparaison sérieuse entre le moteur polyphasé et le moteur avec capacité, nous avons pris un moteur diphasé de 1/2 CV, 1.800 t.p.m., 60 périodes, 220 volts. On l'a essayé soigneusement en moteur diphasé, et les résultats obtenus sont donnés figure 287. Ensuite, sans autre modification, on a monté celui-ci en moteur avec capacité et on a obtenu les résultats obtenus sur la même figure. On notera que le rendement en monophasé est très sensiblement le même qu'en diphasé. Il est cependant à peine inférieur sous pleine charge et en surcharge du fait que les courants ne se partagent pas d'une façon égale entre les deux enroulements, ce qui se traduit naturellement par une plus grande perte I^2R. En pleine charge, les rendements sont pratiquement les mêmes. Le facteur de puissance est meilleur de beaucoup, étant presque égal à l'unité pour toutes les charges usuelles. Le glissement est pratiquement le même pour les deux moteurs. Comme les rendements en pleine charge sont pratiquement les mêmes, les échauffements sont très voisins. Les caractéristiques du moteur monophasé sont sensiblement identiques à celles du moteur biphasé.

Le couple d'accélération est cependant nettement plus faible dans le cas du moteur monophasé : avec la capacité utilisée, il n'était que 207 % au lieu de 316 % dans la marche en biphasé. Il était toutefois amplement suffisant pour toutes les applications pratiques, et on aurait pu augmenter sa valeur en utilisant une capacité un peu supérieure.

Les caractéristiques de démarrage sont données dans le tableau suivant :

TABLE 84

	Caractéristique de démarrage				Rapport des bobinages 1 à 1 facteur de puissance
	Couple %	Intensité au démarrage	Puissance au démarrage	Rendement au démarrage %	
Moteur biphasé	307	19,7	2,980	26,3	0,688
Moteur monophasé à condensateur	362	17,72	3,880	34,5	0,995

On voit que le moteur avec capacité possède un couple au démarrage plus considérable que le moteur biphasé. Si nécessaire, on aurait pu l'augmenter considérablement en réduisant le nombre de spires de l'enroulement auxiliaire. Le courant de démarrage du moteur biphasé était de 9,85 ampères par phase, soit 19,7 ampères en tout, tandis que le moteur monophasé prenait seulement 17,72 ampères, soit les 90 % du courant biphasé. Le moteur monophasé absorbait nécessairement plus de puissance au démarrage, mais son rendement de démarrage était meilleur. Le facteur de puissance au démarrage du moteur monophasé était 0,995 et celui du moteur biphasé 0,688. Il est évident que les caractéristiques de démarrage de ce type de moteur sont meilleures que celles d'un moteur polyphasé. De plus, on peut les modifier, afin de les adapter aux circonstances d'utilisation, en changeant le nombre de spires des deux enroulements et en changeant la capacité.

La figure 288 contribuera à faire ressortir les fonctionnements relatifs des moteurs diphasé, monophasé et avec capacité. Toutes ces courbes ont été obtenues avec un petit moteur diphasé. La courbe A représente le courant lorsque le moteur fonctionne en diphasé. L'angle entre le vecteur marqué E et une droite quelconque menée à l'origine à la courbe A indique le retard du courant sur la tension. Le cosinus de cet angle est évidemment le facteur de puissance. Afin de rendre les courbes comparables le courant porté sur la figure est celui que prennent les deux phases du moteur diphasé. Il devient évident que le facteur de puissance augmentera jusqu'à un maximum pour une charge un peu supérieure à la pleine charge et qu'ensuite il diminuera pour les charges supérieures à cette valeur.

De même, la courbe B représente le courant lorsque le moteur fonctionne avec une seule des deux phases. On remarquera que le facteur de puissance du moteur monophasé est en général plus mauvais que celui du moteur diphasé, particulièrement pour les grandes charges. En ajoutant un condensateur et en connectant le moteur comme l'indique la figure 279 (*a*) on a obtenu la courbe C. Pour des faibles charges le courant est en avance sur la tension, d'un petit angle. En pleine charge il est presque en phase avec celui-ci, donnant pratiquement un facteur de puissance égal à 1 et pour des surcharges il est en retard, donnant un facteur de puissance à peine inférieur à l'unité. Le diagramme rend évidente l'amélioration remarquable du facteur de puissance.

Un reproche fréquemment adressé au moteur à répulsion est que, tout en pouvant démarrer la charge, il ne puisse pas néanmoins l'amener à la vitesse normale de marche. Les courbes vitesse-couple complètes d'un moteur avec capacité sont indiquées figure 289. On voit que le couple reste presque constant depuis le repos jusqu'à ce que le moteur ait atteint la vitesse normale de marche. Néanmoins, avec une capacité de faible valeur il y a accroissement notable du couple au fur et à mesure que le moteur accélère. Cela, comme il a été mentionné plus haut, rend possible le démarrage de certaines charges malgré que le couple initial soit plutôt petit.

La figure 290 servira à montrer les possibilités du moteur avec capacité. Le moteur en question était seulement d'une puissance nominale de 1/6 CV. Malgré cette petite puissance on a atteint un rendement de 73 % en pleine charge et un rendement maximum de 75 % avec un facteur de puissance de 0,86 en pleine charge. Le moteur a développé un couple de démarrage de 320 %. Ce grand couple n'a pas été obtenu en utilisant un rotor de grande résistance, comme cela ressort du fait que le glissement en pleine charge est seulement de 2,5 %. Une telle performance est tout à fait hors de possibilité

du moteur monophasé ordinaire et du moteur à répulsion-induction ; ou en d'autres termes, pour si bonne qu'elle soit, la performance du moteur monophasé ordinaire peut être très améliorée en le rebobinant et en le faisant fonctionner comme moteur avec capacité.

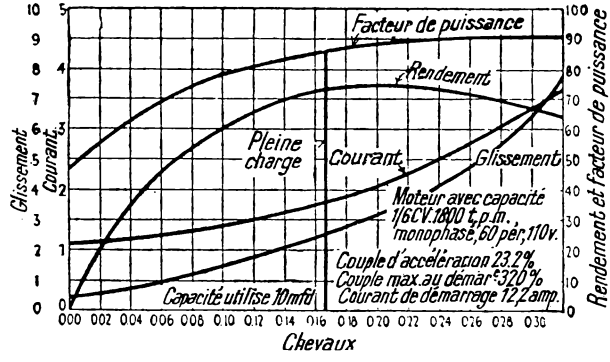


Fig. 290. — Possibilités de performance d'un moteur avec capacité.

Nous avons montré par ce qui précède qu'il est maintenant possible de construire des moteurs monophasés dont le rendement est presque égal à celui des moteurs biphasés, avec un facteur de puissance nettement supérieur. Comparativement au moteur monophasé ordinaire, les caractéristiques du

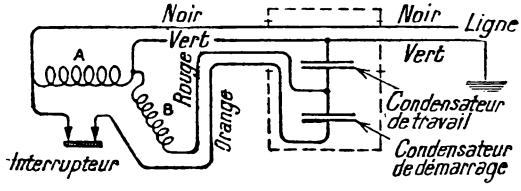


Fig. 291. — Connexions d'un moteur monophasé avec capacité.

moteur avec capacité sont supérieures en tous points ; elles sont meilleures que celles du moteur à répulsion-induction sauf en ce qui concerne le couple de démarrage par ampère. Le couple normal est néanmoins supérieur. Le moteur avec capacité est d'une marche particulièrement silencieuse, parce qu'il fonctionne en fait comme un moteur biphasé.

Parasites radiophoniques émis par les moteurs. — Presque tous les parasites radiophoniques provenant des moteurs monophasés de petite taille ont été supprimés grâce à l'utilisation de

moteurs sans parasites. Les moteurs à collecteur ou à interrupteur de démarrage sont les sources les plus importantes de parasites radiophoniques. Il n'en faut pas déduire que tous les moteurs à collecteur donnent des parasites. Par exemple, le moteur à répulsion-induction possède un collecteur, mais quand il est réalisé de telle sorte que les balais se relèvent automatiquement après le démarrage, en même temps que les lames du collecteur sont court-circuitées quand le moteur tourne à sa vitesse normale, il ne donne lieu à la production d'aucun parasite.

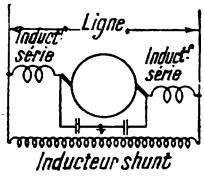


FIG. 292. — Montage de condensateurs comme antiparasites sur un moteur à courant continu.

Le moteur appelé « universel », susceptible de fonctionner aussi bien sur courant alternatif que continu est probablement la source la plus importante de parasites radiophoniques. Même avec ce type de moteur, on peut éliminer ce défaut avec un induit équilibré dynamiquement pour supprimer les vibrations et par suite réduites au minimum les étincelles aux balais, cause des parasites. Le collecteur devrait également être très soigneusement usiné pour être bien concentrique à l'arbre, les tolérances devant être même inférieures à celles qui sont admises dans l'usinage des arbres.

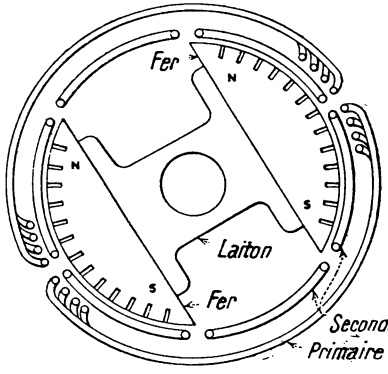


FIG. 293. — Changeur de fréquence donnant un rapport de 1 à 3, avec primaire bipolaire et secondaire hexapolaire ; primaire 60 périodes, secondaire 180 périodes.

Dans le cas des moteurs à courant continu utilisés sur les réfrigérateurs domestiques, certaines pompes, etc., certains constructeurs utilisent de petits condensateurs reliés au collecteur et à la masse. L'une des armatures du condensateur est reliée à la carcasse du moteur, tandis que l'autre est reliée à un balai par un conducteur aussi court que possible. Ces condensateurs ont une capacité de 0,07 mf; ils doivent résister à 500 volts en service continu et à 1.000 volts en essai de courte durée.

Les moteurs monophasés de moins d'un cheval du type à phase auxiliaire n'ont pas de collecteur et, par suite, ils n'émettent aucun parasite. L'emploi de ce type de moteur est cependant limité

par leur faible couple au démarrage et par leur appel de courant au démarrage, qui est excessif quand le couple résistant est un peu élevé.

Le moteur monophasé à condensateur, muni d'un condensateur de démarrage et de marche peut le plus souvent être utilisé quand le moteur à phase auxiliaire ne convient pas, et il n'émet aucun parasite radiophonique.

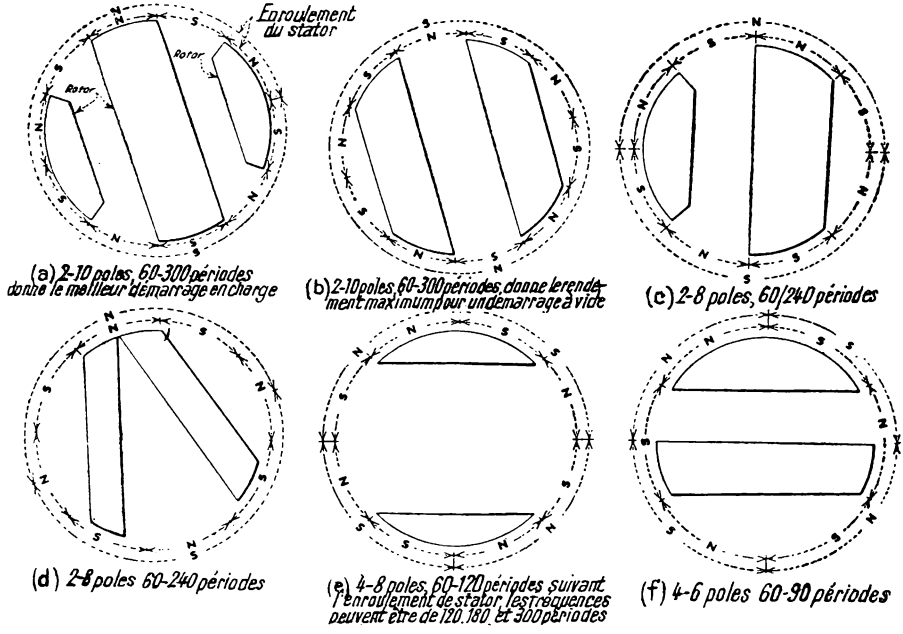


FIG. 294. — Disposition des pôles primaires et secondaires de différents changeurs de fréquence. Les flèches indiquent la position de chaque pôle d'une phase pour chaque bobinage.

II. — *Moteur à cage d'écureuil utilisé en changeur de fréquence.*

Le moteur d'induction à bague avec entraînement séparé du rotor a été utilisé comme changeur de fréquence, mais, plus récemment, on a mis au point un montage dans lequel on supprime les balais et le moteur d'entraînement. Dans ce moteur, on dispose deux enroulements sur le stator, dans les mêmes encoches, dont l'un est alimenté par la fréquence du réseau, et dont l'autre débite la nouvelle fréquence. Les rotors diffèrent du rotor standard uniquement par la forme du circuit magnétique. Dans *Electrical World* du 23 janvier 1932, A. W. Forbes donne les

détails suivants sur la construction et l'utilisation d'un tel changement de fréquence :

Construction et utilisation. — La figure 293 donne le principe fondamental de ce dispositif. Nous n'avons représenté qu'une phase du bobinage, mais les deux enroulements (moteur bipolaire 60 périodes, secondaire hexapolaire 180 périodes) sont le plus souvent des enroulements polyphasés identiques aux bobinages des moteurs à induction ordinaires. Dans ce type le rotor est composé de deux pièces de fer fixées à l'arbre par du laiton ou tout autre alliage non magnétique. Les deux pièces de fer sont d'une largeur telle qu'elles recouvrent deux pôles de l'enroulement hexapolaire. Quand l'aimantation de la phase primaire représentée est au maximum, le rotor prend la position représentée ; il se trouve aimanté et il donne deux pôles, soit N et S. Si le rotor est amené au synchronisme du champ tournant fourni par l'enroulement primaire, chaque phase, à son tour, maintiendra l'aimantation correcte du rotor ; à ce moment, l'enroulement hexapolaire débitera du courant à 180 périodes.

Une fois que le rotor a atteint sa vitesse de synchronisme, le champ tournant produit par l'enroulement à 60 périodes le maintient à cette vitesse. En pratique, le moteur conserve son synchronisme même sous des surcharges élevées, et, avec la plupart des appareils industriels, il reste accroché même quand l'enroulement à 180 périodes se trouve en court-circuit. Le rotor est amené au synchronisme grâce à une cage d'écureuil à faible résistance. On peut la réaliser avec une résistance aussi faible que l'on veut, puisque le rotor démarre avec un couple résistant pratiquement nul. Le point faible de cet appareil est la mise au synchronisme et l'accrochage dans le champ, qui se fait uniquement par attraction magnétique. Nous avons trouvé que, pratiquement, certains changeurs de fréquence accrochent bien avec une charge secondaire de 50 %, tandis que d'autres n'accrochent qu'avec 20 ou 30 %. Dans tous les cas, il est recommandé de démarrer le changeur de fréquence à vide, puis de lui appliquer sa charge secondaire une fois que le rotor a pris sa vitesse.

Méthodes permettant d'obtenir d'autres fréquences. — On peut obtenir une gamme de fréquences étendues en étudiant convenablement le rotor et les enroulements du stator, en même temps que l'on peut considérer le démarrage dans les conditions les plus favorables, ou la marche avec le meilleur rendement. Le rapport de 1 à 3 est le plus simple et le plus économique à construire. Il semble qu'un rapport de 1 à 2 soit plus simple, mais il est impossible de réaliser un tel appareil avec un circuit magnétique équilibré, même approximativement : les efforts magnétiques non équilibrés se traduisent par un fonctionnement bruyant accompagné de vibrations. Le rapport 1 à 2 ne peut se réaliser qu'avec quatre et huit pôles. Les rapports de 1 à 3, 1 à 5 et 1 à 7 sont plus économiques que 1 à 2. Il est plus difficile de construire des changeurs de fréquences avec rapport pair des fréquences qu'avec rapport impair, cette dernière condition permettant de faire un rotor équilibré.

Les rapport fractionnaires, comme 2 à 3, 3 à 4, 2 à 5, demandent en théorie une réalisation plus complexe, quand la disposition mécanique est réalisable. Il faut compenser les dissymétries, même dans les petites tailles, ce que l'on peut faire soit en modifiant la forme théorique, soit en augmentant l'entrefer. Ces deux méthodes diminuent le rendement, mais ceci n'est pas une objection sérieuse dans la plupart des cas.

Dans certains cas, il est possible de réaliser en une seule unité un changeur donnant plusieurs fréquences secondaires. En modifiant le circuit magnétique du moteur, en faisant des compromis entre chaque cas, et en disposant plusieurs enroulements sur le moteur, il est possible d'obtenir les fréquences suivantes, par exemple : 120, 180 et 300 à partir de courant 60 périodes. Un moteur à deux vitesses, à deux et quatre pôles, alimenté par un tel changeur de fréquence, tournera à 1.800, 3.600, 7.200, 9.000, 10.800, 18.000 t.p.m. On peut obtenir d'autres combinaisons, dont chacune demande une étude propre.

Jusqu'à maintenant, nous avons considéré chaque pièce du rotor comme une pièce massive. Il est inutile d'utiliser des rotors feuilletés comme dans les moteurs à induction ordinaires, mais il est bon de séparer ces pièces en morceaux, afin d'améliorer le fonctionnement. En général, le fer du rotor devrait être divisé et les parties constitutives réparties de telle sorte que l'on obtienne la réluctance maximum quand le rotor se trouve dans n'importe quelle position autre que celle dans laquelle il se trouve en marche normale. Toutefois, le flux doit pouvoir se déplacer librement dans la cage d'écureuil au démarrage. Il ne faut pas oublier la simplicité de construction, et les études à faire sont importantes pour trouver la disposition la plus simple des pièces et des enroulements.

Champ d'application. — Un autre perfectionnement intéressant du changeur de fréquence, plus particulièrement utilisé dans les rectifieuses à meules, les machines à bois, etc., consiste à utiliser le changeur de fréquence comme une source d'énergie mécanique. L'arbre du changeur de fréquence peut être relié directement à l'arbre principal de la machine, par exemple, tandis que le courant haute fréquence fait tourner le moteur de la meule ou du porte-outil. Dans ce cas, il devient réellement un moteur changeur de fréquence. C'est un moteur à induction, aussi simple mécaniquement qu'un moteur ordinaire, en même temps qu'il débite du courant haute fréquence sans la moindre complication.

Les avantages de la réalisation décrite ci-dessus résident principalement dans la simplicité, l'absence d'entretien, l'inutilité d'avoir des ouvriers qualifiés. On peut réaliser ces appareils jusqu'à 10 kVA; de 10 à 50 kVA, ils entrent en compétition avec les convertisseurs à moteur-générateur. Le changeur de fréquence à bagues, intermédiaire, du point de vue simplicité, entre le groupe moteur-générateur et le moteur à enroulements multiples, a un rendement, un prix, un facteur de puissance et une constance de tension moindres que dans le cas du groupe moteur

générateur, de même que le moteur à enroulement multiple; d'autre part, il ne donne pas une fréquence rigoureusement constante.

Le moteur à enroulements multiples, en petites unités, coûte souvent moins de la moitié du groupe moteur-générateur. Le fait d'être insensible aux court-circuits n'est pas à négliger; un tel appareil chute simplement en tension et continue à tourner sans surcharge en cas de court-circuit secondaire. Le facteur de puissance est faible, comparativement à ce qu'il est dans le cas du groupe synchrone, mais un facteur de puissance élevé n'est pas indispensable dans de nombreuses applications. Bien qu'un alterneur donne une tension plus constante, ce convertisseur convient à l'alimentation de la plupart des moteurs. Les grandes tailles demandent également plus de matériaux actifs — facteur sans importance dans toutes les petites applications.

III. — *Moteurs à induction à avant plat*

Les rectifieuses et les scies circulaires ont amené la construction de moteurs avec arbre à proximité du bord de la carcasse. Une telle réalisation ne peut se faire qu'avec des enroulements dissymétriques et une disposition particulière des bobines. Dans le *Electrical World* (vol. 88, n° 6, p. 278), A. W. Forbes donne les détails suivants au sujet de ces bobinages :

Le moteur à induction ne fonctionne de façon satisfaisante que s'il a un champ tournant uniforme. La face plate du moteur rend impossible toute répartition uniforme des sections autour du stator. Par suite, le problème consiste à réaliser un champ tournant uniforme avec des enroulements irrégulièrement répartis. Le problème a été résolu de différentes manières, suivant les applications ; nous en donnons deux ci-dessous.

Répartition du bobinage. — La figure 295 a montré la répartition théorique des enroulements dans un moteur standard bipolaire, ne comportant que quelques bobines par groupe, de façon à ce qu'elles ne se chevauchent pas. En pratique, ces bobines devraient suivre les lignes pointillées, mais pour rendre plus simple la théorie, nous les avons représentées sous forme de lignes droites. On peut voir immédiatement qu'il n'y a aucun endroit dans lequel il soit possible de supprimer les bobines sur 90° de la périphérie sans déplacer deux phases, et il faut supprimer les bobines sur 90° si l'on veut sensiblement rapprocher l'arbre du bord de la carcasse. Supprimer simplement ces bobines sur 90° se traduirait par un champ totalement déséquilibré. Chaque phase d'un enroulement bipolaire n'est qu'un simple aimant dont l'axe se trouve à angle droit par rapport aux bobines. Le fait que les bobines aient en réalité la forme indiquée en pointillé n'influe en rien sur le résultat électrique. Si nous déplaçons les bobines de la phase B et de la phase C dans la direction indiquée par les flèches, l'axe des bobines reste le même vers

le centre du moteur. Le résultat d'un tel déplacement est indiqué sur la figure 295 b.

Disposition des bobines. — L'axe de chaque bobine reste dans la même position, les trois phases étant disposées à 60° les unes des autres autour du moteur. Si l'on détermine maintenant le nombre correct de spires de chaque

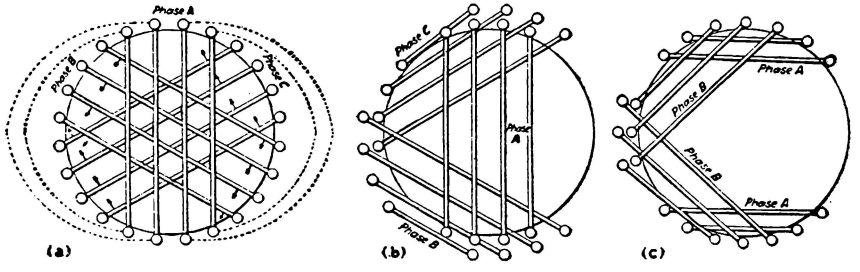


FIG. 295. — (*a*) moteur asynchrone normal (bobinage du stator) ; (*b*) bobinage d'un moteur synchrone avec décalage des sections ; (*c*) schéma d'un moteur biphasé tétrapolaire aplati.

phase, on obtient un champ tournant uniforme, exactement comme dans un moteur asynchrone ordinaire. La figure 295 b montre un espace de 90° libéré de tout bobinage. Tant qu'il ne s'agit que de remplir les conditions théoriques, le problème se trouve résolu, mais il reste des conditions mécaniques de disposition des bobines qu'il faut considérer, aussi bien d'ailleurs que les phénomènes électriques de la période de démarrage, qui sont d'une analyse beaucoup plus délicate.

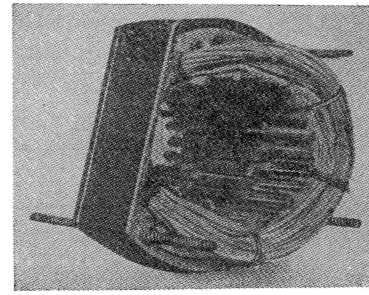


FIG. 896. — Bobinage d'un stator à côté plat.

En pratique, les enroulements B et C sont disposés de telle sorte que la majorité de leurs spires se trouvent dans les deux dernières encoches de chaque côté de la partie plate. Les bobines de la phase A sont également décalées, mais pour les éloigner de la partie plate. Le bobinage réellement utilisé dans la meule représentée sur la figure 294 est donné dans le tableau suivant (table 85). Il y a 18 encoches, numérotées en partant de la partie plate pour y revenir.

Cette disposition de bobinage donne toute satisfaction dans cette application qui ne demande pas un couple de démarrage élevé. Elle présente cependant un point de fonctionnement singulier, exactement à demi-vitesse, pour lequel le couple est extraordinairement faible. Les recherches se poursuivent pour éliminer ce défaut sans en introduire d'autres. Il est facile d'éliminer ce défaut en sacrifiant certaines conditions de marche normale, mais le remède est pire que le mal.

Ces données de rebobinage peuvent être recopiées pour d'autres moteurs identiques sauf en ce qui concerne la taille et la tension d'alimentation.

Chaque problème doit être traité de la façon qui lui est propre. Dans le cas d'un moteur biphasé tétrapolaire, on a obtenu un champ tournant uniforme en utilisant une toute autre méthode. Le principe en est donné sur la figure 295 c. La phase A possède l'enroulement standard d'un tel moteur, donnant deux pôles opposés, mais comme ces deux-ci ont la même polarité, ils font apparaître deux pôles de nom contraire entre eux. Ainsi, la phase A est magnétiquement complète. D'autre part, la phase B n'a que deux pôles adjacents, et ces deux pôles sont disposés par rapport à la phase A de telle sorte que l'omission des deux autres n'a que peu d'importance.

Il est peu vraisemblable que ces moteurs soient un jour construits en série. Leur place réside dans les machines où ils se trouvent incorporés, mais, bien que leurs applications ne soient pas nombreuses, ils est des cas dans lesquels ils rendent possible un accouplement direct, alors qu'en leur absence, il aurait fallu une transmission par courroie ou par engrenages.

TABLE 85

Données du bobinage du moteur de meule (fig. 296)

Section	Spires	Disposée dans les encoches
	Phase *B*	
1	10	1 à 7
2	95	1 à 8
3	40	1 à 9
4	30	2 à 9
5	75	2 à 18
6	10	2 à 11
7	35	3 à 11
8	15	3 à 12
	Phase *A*	
1	30	2 à 13
2	75	3 à 14
3	100	4 à 15
4	75	5 à 16
5	30	6 à 17
	Phase *C*	
1	15	7 à 16
2	35	8 à 16
3	10	8 à 17
4	75	9 à 17
5	30	10 à 17
6	40	10 à 18
7	95	11 à 18
8	10	12 à 18

CHAPITRE XXXI

REMPLACEMENT D'UN ENROULEMENT MONOPHASÉ PAR UN ENROULEMENT BIPHASÉ OU TRIPHASÉ

On demande souvent aux ateliers de rebobinage de transformer un moteur asynchrone monophasé en moteur bi ou triphasé, afin de supprimer aussi l'interrupteur centrifuge utilisé au démarrage du moteur monophasé. On dispose alors d'un circuit magnétique, soit rotor et stator; la première question qui se pose est de savoir quelle puissance le même moteur donnera après modification en moteur polyphasé.

Calcul de la puissance triphasée d'un moteur monophasé.— La carcasse d'un moteur monophasé est environ 1,5 fois plus grande que celle du moteur correspondant triphasé de même puissance et vitesse; en rebobinant en triphasé un moteur monophasé, on pourra recueillir sur l'arbre environ 1,5 fois la puissance que donnait le moteur en monophasé, la vitesse restant la même.

Il existe une autre méthode, bien supérieure, pour déterminer la puissance que peut développer une carcasse donnée, méthode applicable aussi dans le cas où l'on disposerait d'un vieux moteur sans enroulement. Cette méthode fait intervenir le nombre de « centimètres cylindriques » du noyau, en partant du diamètre intérieur ou alésage A, que l'on élève au carré et que l'on multiplie par la longueur du circuit magnétique. Ainsi ($A \times A \times L$) détermine la puissance maximum de toute carcasse.

La table 87 donne les valeurs minimum des « centimètres cylindriques » pour les puissances allant de 1/4 à 7,5 CV. Les valeurs indiquées concernent les carcasses de moteurs tétrapolaires, 60 périodes (1.800 tours/minute). Une note, au bas de cette table, indique comment calculer les centimètres cylindriques dans le cas de moteurs à 6, 8 et 10 pôles.

La table 88 donne quelques valeurs relevées sur des moteurs

rebobinés, qui peuvent être utilisées comme éléments de comparaison.

La table 89 donne les centimètres cylindriques des moteurs d'alésage 62,5 à 238 mm, de 3 en 3 mm, pour des longueurs de circuit magnétique variant de 25 à 100 mm. La première colonne donne l'alésage en cm, la seconde la valeur du carré de l'alésage (A $\times$ A); les colonnes suivantes donnent la valeur du produit A $\times$ A $\times$ L (1) correspondant à l'alésage porté à gauche de la ligne horizontale, pour une longueur de circuit magnétique correspondant à celle portée au sommet de la colonne considérée.

Comment utiliser ces tables pour trouver la puissance que peut donner un moteur monophasé rebobiné en bi- ou triphasé. — L'exemple suivant montre comment utiliser les tables : supposons que l'on possède un stator de 15 cm d'alésage et de 6,25 cm de longueur de circuit magnétique. Quelle est la valeur des centimètres cylindriques ? Repérez d'abord la ligne correspondant à 15 cm d'alésage, table 89. Suivez alors cette ligne jusqu'à la colonne portant au sommet 6,25 cm, et nous trouvons 1.406. D'après la table 87, on peut tirer de ce circuit magnétique une puissance de 3 CV à 60 périodes pour une vitesse de rotation de 1.800 t. p. m.; ou 3/1,5 = 2 CV pour une vitesse de rotation de 1.200 t. p. m.; ou 3/2 = 1,5 CV pour une vitesse de rotation de 900 t. p. m., etc. On peut utiliser la même méthode pour déterminer la puissance de n'importe quel moteur dont les dimensions rentrent dans celles données dans les tables.

Détermination du nombre de spires, du diamètre du fil et du pas de bobinage en passant d'un enroulement monophasé à un enroulement polyphasé. — Le stade suivant consiste à déterminer le nombre de spires, le diamètre du fil et le pas des sections. On obtient le nombre de spires en déterminant le flux par pôle et par phase. On utilise la formule :

$$\text{ø} = 0{,}636 \times S_1 \times L \times Bm \ (2).$$

(1) **Note des traducteurs :**

En effet, il existe une règle de similitude un peu grossière qui est la suivante $\frac{A^2 L \ N_s}{KVA}$ = constante.

A^2L s'appelle le facteur de proportionalité.

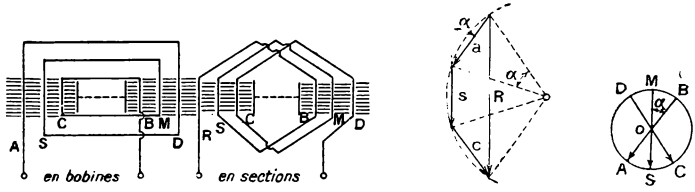
N_s : tours-seconde.

KVA : puissance.

(2) **Note des traducteurs :**

Les enroulements ayant un seul étage peuvent être réalisés en bobine ou en sections identiques. Les bornes des enroulements étant connectés à des points fixes bien déterminés, les conducteurs compris entre ces points peuvent être reliés dans un ordre quelconque pourvu que leur f.e.m. s'ajoutent de la même façon.

Comparons les enroulements en bobines et les enroulements en sections identiques.



Les forces électromotrices induites dans les enroulements des trois premières encoches sont égales à OA, OS, OC. Les angles formés par ces vecteurs étant égaux au décalage α des encoches dans le cas d'une machine bipolaire. Les encoches A et B étant distantes d'un pas polaire ou 180° électriques, leurs forces électromotrices sont égales et opposées, mais les conducteurs correspondants étant pris en sens inverse dans l'enroulement, qu'il soit en bobine ou en section, leur f.e.m. s'ajoutent et la résultante est égale à BA, de même pour S et M, C et D, MS et DC. Additionnons géométriquement les trois vecteurs BA on a, MS ou S, DC ou C, formant entre eux un angle α, le vecteur résultant est R, la f.e.m. résultante des trois sections est donc égale à celle de la bobine. *Le coefficient de bobinage* dû au décalage des encoches est égal au rapport de la somme géométrique des tensions à leur somme algébrique.

$$\frac{R}{3a} = \frac{{}_{\sin}X\frac{\alpha}{2}}{X_{\sin}\frac{\alpha}{2}} = \frac{{}_{\sin}3\frac{\alpha}{2}}{3_{\sin}\frac{\alpha}{2}} = 0{,}96 \text{ (pour le triphasé } \alpha = 20°)$$

X = nombre d'encoches par pôle et par phase.

Si le nombre d'encoches croît, le facteur tend vers le rapport de la corde à l'arc, soit

en triphasé $\dfrac{1}{\dfrac{2\pi}{6}} = 0{,}955$ (la zone de chaque phase occupant 60°),

en monophasé $\dfrac{2}{\dfrac{2\pi}{2}} = 0{,}636$ (la zone de chaque phase correspondant à 180° lorsque toutes les encoches sont remplies).

dans laquelle S_1 est le pas polaire, égal à l'alésage A multiplié par 3,14 et divisé par le nombre de pôles. La table 90 donne des valeurs de S_1; L est égal à la longueur du circuit magnétique, non compris les canaux de ventilation ni les plateaux de serrage.

Bm est l'induction dans l'entrefer en lignes par centimètre carré (1), elle va de 3.100 à 5.500 pour les moteurs jusqu'à 7,5 CV à encoches fermées. Une bonne valeur moyenne est 3.900 lignes par cm^2; elle ne sera que de 3.100 pour un moteur à huit pôles. Le flux par pôle dans un moteur dont le stator a un alésage de 15,24 cm et une longueur de 6,35 cm (S_1 d'après la table 90 est de 11,9 cm) sera égal à :

$$ø = 0{,}636 \times 11{,}9 \times 6{,}35 \times 3.900 = 187.250 \text{ lignes.}$$

Dimension du fil et nombre de spires. — Pour faciliter l'estimation de la taille du fil à utiliser, nous avons donné la table 86. Cette table donne les ampères absorbées, le rendement et le facteur de puissance pour 220 volts. Pour 110 volts, il faut multiplier ces valeurs par 2; pour 440 volts, il faut les diviser par deux; pour 550 volts, il faut les multiplier par 0,4.

Dans les exemples suivants, nous utiliserons un pas de section de 80 %, c'est-à-dire que le pas sera de 1 à « 1 + nombre d'encoches/nombre de pôles) × 0,80 ». Pour 48 encoches et quatre pôles, le pas des bobines est de 1 à 1 + (48/4) × 0,80 = 9,6; le pas sera donc de 1 à 10.

Dans le cas d'un moteur biphasé le nombre de spires par phase avec un montage en série sera de :

$$T = (E \times 100.000.000) / (4 \times ø \times F)$$

où E est égal à la tension en ligne, Ø est égal au flux par pôle et F est égal à la fréquence. Le nombre de spires par bobine est alors égal à T divisé par le nombre de bobines par phase.

En triphasé, les spires par phase pour une connexion triangle-série seront de :

$$T = (E \times 100.000.000) / (4{,}25 \times ø \times F)$$

Pour une connexion étoile-série, il y aura :

$$T = (E \times 100.000.000) / (7{,}35 \times ø \times F)$$

spires par phase.

Un montage étoile demande moins de spires de plus grosse section, et un montage triangle plus de spires de section moindre. La plupart des moteurs sont montés en étoile. La meilleure mé-

(1) **Note des traducteurs :**

Avec les unités électromagnétiques C G S, Bm est pris en gauss et ø est en maxwell.

Bm a une valeur moyenne de 7.500 gauss pour les moteurs de puissance moyenne et de 10 à 12.000 gauss pour les petits moteurs.

thode consiste à calculer le nombre de spires dans le cas d'un montage étoile, puis, si le fil est trop gros, essayer un montage triangle.

Nous allons donner un ou deux exemples. Soit un stator d'alésage A = 15,24 cm et de longueur L = 6,35 cm, avec 48 encoches. Ce moteur est susceptible de fournir 3 CV à 1.800 t. p. m. S'il doit être alimenté sous 220 volts triphasé 60 périodes, le flux par pôle est de :

$$0{,}636 \times 11{,}80 \times 6{,}35 \times 3.900 = 187.250 \text{ lignes}$$

Par suite, pour un montage étoile, T par phase est égal à

$$(220 \times 100.000.000) / (7{,}35 \times 187.250 \times 60)$$

soit 266 spires; il y aurait 320 spires en 50 périodes.

Comme ce stator a 48 encoches, nous utiliserons un bobinage à deux étages et il y aura donc 48 sections. Il devra y avoir 48/3 = 16 bobines par phase, soit 266/16 = 16,6 spires par bobine en 60 périodes, et 20 spires par bobine en 50 périodes.

La table 86 indique qu'un tel moteur, de 3 CV sous 220 volts absorbe 8,1 ampères. La table 87 nous apprend qu'un moteur de 3 CV doit avoir un conducteur dans lequel l'intensité par mm² de section est de 3 ampères. Le fil devra donc avoir une section de 8,1/3 = 2,7 mm², donc un diamètre compris entre 1,8 et 1,9 mm. Si les encoches ont une section suffisante, il est préférable d'utiliser le fil de 1,9 mm de diamètre.

La meilleure méthode pour déterminer si ce fil pourra se disposer dans l'encoche consiste à isoler une encoche, à couper de petites longueurs du fil considéré et à les disposer dans l'encoche.

Lorsque le diamètre du fil dépasse 14/10 de mm et que l'on désire faire des sections non rigides, le meilleur procédé consiste à utiliser deux fils en parallèle, dont la section doit être moitié de la section du conducteur unique. On obtient ainsi une section plus maniable et plus facile à façonner.

Quand on utilise un montage en triangle, les ampères par conducteur de ligne doivent être divisés par 1,73 pour obtenir les ampères par phase. Dans le cas précis examiné, on aurait 8,1/1,73 = 4,624 ampères. Il faudrait alors un conducteur de 4,624/3 = 1,541 mm² de section, soit 1,4 mm de diamètre. Une autre méthode pour obtenir la section du fil dans le cas d'un montage triangle consiste à prendre la valeur donnée dans la table 86 pour la tension considérée et à multiplier cette valeur par 0,57. Multipliez alors le résultat par la section donnée table 87.

TABLE 86

Intensité, rendement % et facteur de puissance des moteurs triphasés, 60 périodes, 220 volts, travaillant à 40°C au-dessus de l'ambiance.

Triphasé					Biphasé				
CV	Nombre de pôles	Intensité par borne	Rendement %	Facteur de puissance	CV	Nombre de pôles	Intensité par borne	Rendement	Facteur de puissance
1/4	4	0,90	71,0	0,76	1/4	4	0,82	69,0	0,75
1/2	4	1,61	76,0	0,80	1/2	4	1,45	74,0	0,79
1/2	6	1,90	72,0	0,73	1/2	6	1,71	69,0	0,72
1/2	8	1,92	71,0	0,72	1/2	8	1,80	68,0	0,70
3/4	4	2,33	77,0	0,82	3/4	4	2,09	75,0	0,81
3/4	6	2,48	75,0	0,80	3/4	6	2,17	73,0	0,80
3/4	8	2,65	73,0	0,71	3/4	8	2,32	72,0	0,78
1	4	2,95	80,0	0,83	1	4	2,65	79,0	0,82
1	6	3,02	79,0	0,81	1	6	2,81	78,0	0,81
1	8	3,60	75,0	0,71	1	8	2,97	76,0	0,79
1 1/2	4	4,42	82,0	0,82	1 1/2	4	3,82	82,0	0,82
1 1/2	6	4,48	81,0	0,80	1 1/2	6	3,88	81,0	0,80
1 1/2	8	5,15	77,0	0,74	1 1/2	8	4,01	80,0	0,79
2	4	5, 7	82,0	0,87	2	4	5, 0	81,0	0,86
2	6	6, 0	79,0	0,81	2	6	5, 3	78,0	0,79
2	8	7, 9	78,0	0,63	2	8	7, 4	77,0	0,59
3	4	8, 1	86,0	0,87	3	4	7, 2	82,5	0,86
3	6	8, 7	83,0	0,79	3	6	7, 5	82,0	0,83
3	8	9, 7	81,0	0,73	3	8	8, 5	81,0	0,73
5	4	13, 1	87,5	0,87	5	4	11, 5	85,6	0,87
5	6	14, 6	85,0	0,86	5	6	12, 1	85,0	82,0
5	8	14, 1	84,0	0,82	5	8	12, 6	83,0	0,81
7 1/2	4	19, 1	87,0	3,88	7 1/2	4	17, 1	87,0	0,87
7 1/2	6	19, 5	86,0	0,87	7 1/2	6	16, 8	87,0	0,85
7 1/2	8	20, 6	85,0	0,82	7 1/2	8	20, 0	86,0	0,82

TABLE 87

Centimètres cubiques minimum.
Ces valeurs s'appliquent à des moteurs tétrapolaires 50 périodes seconde, 1,500 t.p.m.

CV	Minimum de $D \times D \times L$	Ampères mm³
1/4	235	6,16
3/8	392	5,25
1/2	490	4,37
3/4	590	4,15
1	785	3,94
1 1/2	1080	3,75
2	1470	3,58
3	1770	3,30
5	2350	3,03
7 1/2	3920	2,90

$\Phi = 0{,}636 \times S^1 \times L \times Bm$.
Bm = 3100 à 5450 lignes/cm².
S^1 = pas polaire = D × 3,14/nb. pôles,

D²L nécessaire égal :
pour 6 pôles = 1,5 (D²L pour 4 pôles)
pour 8 pôles = 1,85 (D L pour 4 pôles)
pour 10 pôles = 2,70 (D²L pour 4 pôles)

TABLE 88

Valeurs mesurées sur des moteurs rebobinés, données à titre d'ordre de grandeur.
Centimètres cubiques minimum.

CV	Nombre de pôles	Diamètre de l'inducteur cm	Longueur de l'induit cm	D × D × L (unité arbitraire)
1/4	4	8,25	5,40	443
3/8	6	12,70	5,71	1100
1/2	4	9,21	6,02	650
3/4	4	11,11	4,12	610
1	4	10, 8	6,35	890
1	4	13,34	5,08	1085
1	6	12,70	7,62	1470
1	6	14,92	5,40	1440
1	10	17,78	5,71	2170
1 1/2	6	13, 0	7,93	1630
2	4	15,24	6,35	1770
2	4	12,70	7,62	1475
2	4	13,34	8,25	1760
2	6	15,24	7,62	2120
3	4	14,28	7,93	1925
3	6	17,78	7,93	3000
5	4	16,83	7,30	2480
5	4	18,09	7,62	2980
5	6	20,32	8,57	4240
5	8	24,13	9,52	6650
7 1/2	6	21,57	1,11	6200
7 1/2	4	.....	.....	5300

TABLE 89.

Centimètres cylindriques de différents stators, suivant leur longueur et leur diamètre intérieur.

ø intérieur du stator ou D cm.	$D \times D$ cm²	Centimètres cylindriques ou $D \times D \times L$												
		2,5 (°)	3,15	3,75	4,37	5,0	5,63	6,25	6,87	7,5	8,15	8,75	9,37	10
6,35	40	100	126	150	175	200	225	250	274	300	326	350	374	400
6,67	44,5	111	140	166	194	222	250	278	306	333	362	389	417	445
6,98	49,3	123	152	185	216	246	278	308	338	370	402	432	462	493
7,30	53,0	132	167	198	232	265	298	331	364	397	432	464	496	530
7,62	58,0	145	182	217	254	290	326	362	398	435	473	508	543	580
7,93	63,0	157	198	236	275	315	355	394	432	472	514	551	590	630
8,24	67,6	169	213	254	295	338	381	425	464	508	552	590	634	676
8,57	73,2	183	230	274	320	366	412	457	502	549	596	640	685	732
8,89	79	197	249	296	345	395	445	494	542	592	644	691	740	790
9,21	85	212	268	319	371	425	479	532	584	637	693	743	795	850
9,52	90	225	283	337	393	450	507	562	618	674	734	787	842	900
9,84	97	242	306	364	424	485	546	606	666	727	790	849	909	970
10,16	103	257	324	386	450	515	580	644	707	772	840	900	965	1030
10,47	110	275	346	412	481	550	619	687	756	825	896	962	1030	1100
10,78	116	290	365	435	507	580	653	725	797	870	945	1014	1086	1160
11,11	123	307	388	461	537	615	692	770	845	922	1000	1075	1150	1230
11,43	130	325	410	487	568	650	732	812	892	975	1058	1137	1217	1300
11,75	138	345	435	517	603	690	775	862	947	1014	1124	1206	1291	1380
12,06	145	362	457	544	635	725	816	905	995	1088	1180	1270	1358	1450
12,38	153	382	482	574	669	765	861	956	1050	1148	1245	1338	1432	1530
12,70	162	405	510	607	708	810	912	1012	1112	1214	1320	1417	1516	1620
13,01	169	422	533	634	740	845	952	1057	1160	1268	1376	1480	1582	1690
13,32	177	442	570	664	770	885	996	1107	1214	1328	1442	1550	1657	1770
13,65	186	465	586	697	812	930	1045	1162	1275	1394	1477	1625	1740	1860
13,97	194	485	612	727	848	970	1085	1212	1330	1454	1515	1696	1816	1940
14,29	205	512	646	769	897	1025	1151	1280	1408	1538	1580	1795	1920	2050
14,60	214	535	674	802	935	1070	1205	1338	1468	1604	1710	1870	2000	2140
14,92	222	555	700	833	970	1110	1250	1388	1522	1666	1810	1940	2040	2220
15,24	233	582	734	874	1020	1165	1312	1455	1600	1748	1900	2040	2180	2330
15,55	243	607	765	912	1056	1215	1367	1520	1668	1824	1980	2112	2278	2430
15,86	251	627	791	945	1095	1235	1418	1565	1722	1890	2045	2190	2360	2510
16,19	262	655	825	982	1145	1310	1475	1637	1796	1964	2134	2290	2450	2629
16,51	274	685	862	1025	1200	1370	1540	1712	1880	2050	2230	2400	2570	2740
16,83	284	710	895	1065	1241	1420	1600	1774	1950	2130	2316	2482	2660	2840
17,14	294	735	926	1101	1286	1470	1655	1840	2020	2202	2398	2572	2750	2940
17,46	304	760	957	1140	1330	1520	1710	1900	2092	2280	2480	2660	2842	3040
17,78	315	787	992	1180	1375	1575	1770	1965	2163	2360	2568	2750	2950	3150
18,09	327	817	1030	1225	1430	1635	1840	2040	2242	2450	2665	2860	3060	3270
18,40	338	845	1068	1266	1480	1690	1905	2110	2330	2532	2756	2960	3162	3380
18,73	351	875	1110	1310	1535	1750	1970	2190	2410	2620	2860	3070	3290	3510
19,05	362	905	1140	1350	1581	1810	2018	2260	2483	2700	2950	3162	3390	3620
19,37	375	937	1180	1405	1640	1875	2110	2340	2576	2810	3058	3280	3506	3750
19,68	387	967	1220	1450	1690	1935	2180	2418	2656	2900	3160	3380	3621	3870
20,00	400	1000	1260	1500	1748	2000	2252	2500	2748	3000	3260	3500	3748	4000
20,32	413	1032	1300	1550	1805	2065	2312	2580	2840	3100	3370	3610	3862	4130
20,63	427	1067	1345	1600	1870	2135	2400	2665	2930	3200	3480	3740	4000	4270
20,94	439	1097	1382	1645	1921	2195	2470	2740	3020	3290	3578	3842	4120	4390
21,27	454	1135	1428	1700	1985	2270	2550	2835	3120	3400	3700	3970	4250	4540
21,59	466	1165	1468	1749	2040	2330	2610	2910	3210	3498	3800	4080	1370	4660
21,91	480	1200	1512	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3910	4200	4500	4800
22,22	493	1237	1558	1855	2165	2473	2786	3095	3400	2710	4040	4330	4650	4950
22,54	508	1270	1600	1900	2220	2540	2860	3180	3490	3800	4140	4440	4770	5080
22,86	522	1305	1642	1956	2280	2610	2940	3260	3590	3912	4260	4560	4910	5220
23,17	535	1335	1684	2020	2335	2670	3010	3340	3675	4040	4365	4670	5030	5350
23,48	551	1375	1737	2070	2415	2755	3100	3442	3780	4140	4490	4830	5170	5510
23,81	568	1420	1785	2125	2480	2840	3190	3550	3900	4250	4630	4960	5320	5680

(°) Toutes les valeurs des épaisseurs de circuits magnétiques sont en cm.

TABLE 90

Valeurs du pas polaire pour différents stators, en fonction du nombre de pôles.

ø du stator, cm.	ø × 3,14	S_1 = pas polaire en cm.			ø du stator, cm.	ø × 3,14	S_1 = pas polaire en cm.		
		2 pôles	4 pôles	6 pôles			2 pôles	4 pôles	6 pôles
6,35	19,9	9,9	4,9	3,3	15,24	47,9	23,9	11,9	8,0
6,67	20,9	10,5	5,2	3,5	15,55	48,8	24,4	12,2	8,1
6,98	21,9	10,9	5,4	3,6	15,86	49,9	24,9	12,5	8,3
7,30	22,9	11,4	5,7	3,8	16,19	50,8	25,4	12,7	8,5
					16,51	51,9	25,9	12,9	8,65
					16,83	52,9	26,5	13,2	8,8
7,62	23,9	11,9	5,9	3,9	17,14	53,8	26,9	13,5	8,95
7,93	24,9	12,5	6,2	4,1	17,46	54,9	27,5	13,7	9,1
8,24	25,8	12,9	6,5	4,3					
8,57	26,9	13,5	6,7	4,5					
8,89	27,9	13,9	6,9	4,6	17,78	55,8	27,9	13,9	9,3
9,21	28,9	14,5	7,2	4,8	18,09	56,8	28,4	14,2	9,5
9,52	29,9	14,9	7,5	5,0	18,40	57,9	28,9	14,5	9,65
9,84	30,4	15,5	7,7	5,15	18,73	58,9	29,4	14,7	9,8
					19,05	59,9	29,9	15,0	10,0
					19,37	60,8	30,4	15,2	10,1
10,16	31,9	15,9	7,9	5,3	19,68	61,8	30,9	15,5	10,3
10,47	32,8	16,4	8,2	5,4	20,00	62,8	31,4	15,7	10,46
10,78	33,8	16,9	8,5	5,6					
11,11	34,8	17,4	8,7	5,8					
11,43	36,0	18,0	9,0	6,0	20,32	63,8	31,9	15,9	10,6
11,75	36,9	18,5	9,2	6,15	20,63	65,0	32,5	16,3	10,8
12,06	37,9	18,9	9,5	6,3	20,94	65,8	32,9	16,5	10,96
12,38	38,9	19,5	9,7	6,5	21,27	66,8	33,4	16,7	11,1
					21,59	67,8	33,9	16,9	11,3
					21,91	68,9	34,5	17,3	11,5
12,70	39,9	19,9	9,9	6,65	22,22	69,8	34,9	17,5	11,6
13,01	41,2	20,6	10,3	6,9	22,54	70,8	35,4	17,7	11,8
13,32	41,9	20,9	10,5	7,0					
13,65	42,8	21,4	10,7	7,1					
13,97	43,9	21,9	10,9	7,3	22,86	71,8	35,9	17,9	11,96
14,29	44,9	22,5	11,2	7,5	23,17	72,8	36,4	18,2	12,1
14,60	45,8	22,9	11,5	7,6	3,48	73,9	36,9	18,5	12,3
14,92	46,9	23,5	11,7	7,8	23,81	75,0	37,5	18,7	12,6

Dans ce cas particulier, on a 8,1 × 0,57 × 3 = 13,851/10, soit 14/10.

Détermination du pas de l'enroulement. — Il faut ensuite déterminer le pas de l'enroulement. Il est de 1 à 1 + (48/4) × 0,8 = 10,6, soit de 1 à 10.

La méthode indiquée ci-dessus peut être utilisée de la même façon pour les moteurs biphasés. Tous les calculs inutiles ont été éliminés pour permettre à l'électricien moyen de rebobiner un moteur qui marche, développant sa puissance nominale d'une façon satisfaisante avec un rendement raisonnable.

Le rotor peut être utilisé tel quel, après avoir vérifié que les

anneaux de court-circuit sont bien soudés aux barres de la cage d'écureuil. L'interrupteur centrifuge utilisé sur le même moteur monophasé doit être supprimé.

Isolement classe B. — Les données précédentes sont basées sur un isolement classe A, avec élévation de 40° au-dessus de la température ambiante. Toutefois, si les enroulements sont isolés conformément aux spécifications de la classe B, comme indiqué dans le chapitre IV, on peut augmenter les puissances données dans les tables 87 et 88 de 7,5 %, tous les autres facteurs restant inchangés.

Bobinages isolés aux silicones. — Au moment où ce livre était en cours de revision, des essais ont montré que l'on pouvait espérer une durée de trois à huit fois supérieure au minimum des moteurs isolés aux silicones, comparée à la durée des moteurs isolés conformément aux spécifications de la classe B.

Un moteur de 0,27 CV, 120 périodes, triphasé, a été essayé pendant cinq heures, son circuit magnétique atteignant 593° C. A la fin de l'essai, le moteur fut maintenu en marche à vide pendant trente minutes, puis replongé dans un vernis aux silicones et réutilisé. Un tel moteur de 0,27 CV peut être utilisé à 0,40 CV si l'on admet que sa température atteigne 200° C.

Un autre essai, conduit pendant un an, consista à transformer un moteur de 50 CV, 60 périodes, 220-440 volts, isolé classe A, en un moteur isolé aux silicones de 75 CV. Ce moteur assura un service de vingt-quatre heures par jour, pendant un an, à 75 CV, après quoi il était encore parfaitement capable d'assurer le même service pendant plusieurs années.

Ainsi, quand on rebobine avec des produits traités aux silicones, on peut augmenter les puissances données dans les tables 87 et 88 de 50 %, pour un isolement classe A.

En réparant de vieux moteurs, il ne faut pas oublier la possibilité d'augmenter la section des bobinages, quand le vieux bobinage était en fil à deux couches coton. Les fils émaillés sous silicone ont un meilleur facteur de remplissage, ce qui permet d'augmenter en même temps section du fil et puissance.

CHAPITRE XXXII

VÉRIFICATION ET ESSAI DES MACHINES MONOPHASÉES PENDANT ET APRÈS BOBINAGE

Pendant le rebobinage des stators des moteurs monophasés, un certain nombre de défauts peuvent se produire, et ce chapitre donne les indications nécessaires à leur repérage.

Repérage des masses. — Le défaut le plus commun est une mise à la masse de l'enroulement. Pour la repérer, il faut essayer l'enroulement au moyen d'un transformateur, en appliquant 900 volts entre chaque enroulement et la carcasse. Généralement, un point lumineux ou un dégagement de fumée permet de localiser le point défectueux. Il vaut mieux faire cet essai une fois le bobinage terminé, cales d'encoches mises en place, mais avant de faire les connexions.

Repérage des court-circuits. — On peut repérer les court-circuits au moyen de l'essai au tournevis, indiqué chapitre XXII, ou au moyen d'un petit grogneur. Dans ce cas, on introduit le grogneur dans le stator, et on le dispose sur une encoche. On place ensuite une mince lame d'acier sur l'encoche qui contient l'autre moitié de la bobine essayée. S'il y a une spire en court-circuit dans l'une ou l'autre de ces encoches, la lame d'acier vibrera, attirée par l'encoche. Déplacez ensuite le grogneur et la lame d'acier, leur distance restant toujours égale au pas polaire. Dans le cas d'un enroulement concentrique, il faut partir de la bobine extérieure, puis on fait avancer grogneur et lame d'acier d'une bobine à la fois en allant vers la bobine intérieure. La même méthode doit être utilisée pour les enroulements de démarrage et les enroulements de marche, dans le cas des moteurs à phase auxiliaire et des moteurs série-compensés universels.

Vérification de la polarité des enroulements. — Après branchement des bobines, il faut essayer la polarité de chacune d'elles. Pour cela, on fait passer un courant continu dans le sta-

tor, en mettant en série un tableau de lampes. Avec une boussole ou une aiguille aimantée suspendue au bout d'un fil, on vérifie la polarité de chaque bobine. Les pôles saillants doivent être alternativement N et S. Avec des pôles conséquents, chaque bobine devra avoir la même polarité, mais un pôle de polarité contraire devra se former entre chaque bobine, ce pôle provenant du flux qui vient de chaque bobine.

La polarité de l'enroulement de démarrage par rapport à l'enroulement de marche détermine le sens de rotation, comme indiqué au chapitre XXVII.

Equilibrage du rotor. — Le rotor doit être équilibré, pour diminuer les vibrations. On l'allège en enlevant du métal au moyen d'un foret où se présente le balourd.

Essai des rotors à cage d'écureuil. — Une fois le moteur remonté, on peut essayer le rotor pour rechercher les barres de la cage dont les contacts avec les anneaux de court-circuit sont mauvais; appliquer au rotor une tension réduite, en disposant un ampèremètre dans le circuit. Faites alors tourner lentement le rotor, et examinez l'aiguille de l'ampèremètre. Si elle reste fixe, le rotor est en bon état; si sa position varie, elle varie suivant la qualité du contact entre barres et anneaux de court-circuit. Si le changement de déviation est important, il est bon de ressouder le rotor.

Une autre méthode d'essai des rotors consiste à faire des essais de couple quand le moteur est alimenté sous pleine tension. Dans le cas d'un très mauvais contact, on peut sentir la différence de couple en tenant l'arbre entre les doigts, mais, si l'on veut une mesure plus précise, il faut utiliser le frein de Prony, bien connu.

Essai de l'interrupteur centrifuge. — L'interrupteur centrifuge doit être essayé en démarrant et arrêtant le moteur un certain nombre de fois. On verra ainsi s'il colle ou s'il fonctionne mal.

Essai de la position des balais. — Les moteurs série ordinaires peuvent être essayés quant au calage des balais suivant la méthode indiquée dans le chapitre XXVII. Une étude des schémas du chapitre XXIX concernant les moteurs de ventilateurs permettra également de bien disposer les balais en fonction de la position des sections et des bobines inductrices. Une fois qu'un bobineur est bien familiarisé avec le bobinage série-compensé et qu'il peut reconnaître l'enroulement principal, il peut déter-

miner l'emplacement des tôles ainsi que la position des balais, comme nous l'avons précédemment indiqué.

Connexions erronnées. — Il arrive parfois que l'on branche les bobines d'une façon erronée : en série, au lieu de les brancher en parallèle, ou vice versa, ce qui revient à placer un enroulement 220 volts dans un stator 110 volts, etc. On peut déterminer ces défauts par une mesure de couple, d'échauffement, etc.

Si un moteur est connecté en série au lieu d'être connecté en parallèle, il développera un couple moindre en lui appliquant sa tension normale, puisque le couple décroît comme le carré de la tension. S'il y a montage en parallèle au lieu du montage en série, le couple sera plus élevé, mais le moteur chauffera et sera bruyant, puisqu'il sera alimenté sous le double de sa tension normale.

Recherche des défauts dans les moteurs monophasés à répulsion. — Les instructions suivantes concernant l'examen et l'essai des moteurs monophasés à répulsion induction sont extraites d'un bulletin publié par la « Wagner Electric Corporation », Saint-Louis, Mo., et, d'une façon générale, elles sont valables pour les moteurs construits sur le même principe.

Le moteur ne démarre pas. — La raison peut être une des suivantes :

1° Fusible fondu : remplacez le fusible.

2° Réseau délesté, ou tension réduite : mesurez la tension au voltmètre.

3° Surcharge excessive : diminuez la charge du moteur.

4° Moteur connecté pour être alimenté sous une tension élevée, et alimenté en fait sous une faible tension : changez les connexions du moteur.

Les balais ne se relèvent pas à pleine charge. — Parmi les causes possibles, il faut mentionner :

1° Collecteur sale : nettoyez-le au moyen d'un papier de verre fin monté sur un bloc de bois.

2° Balais devenus trop courts par suite de l'usure : remplacez les balais.

3° Fréquence du réseau trop élevée : si le générateur n'est pas trop éloigné, il est possible de calculer la fréquence en multipliant le nombre de pôles du générateur par le nombre de tours par minute et en divisant par 120. On peut également la mesurer

au moyen d'un fréquencemètre. Il ne suffit pas de relever la fréquence ou la vitesse sur la plaque d'immatriculation du générateur, car le moteur a pu être changé, ou le régulateur a pu être réglé différemment. Si le moteur démarre et relève ses balais sans sa courroie, sa vitesse est très voisine du synchronisme. La vitesse approximative du moteur à vide correspond sensiblement à la vitesse à pleine charge divisée par 0,95.

Une alimentation sous fréquence trop élevée diminue le couple au démarrage de telle sorte que le moteur peut être incapable d'atteindre la vitesse à laquelle les balais se relèvent. La fréquence d'alimentation est cependant rarement assez élevée pour qu'un tel phénomène se produise. Le remède consiste à diminuer la fréquence du réseau, si possible; dans le cas contraire, on peut diminuer le diamètre de la poulie motrice. Dans ces deux hypothèses, le moteur ne sera plus capable de donner sa pleine puissance.

4° Tension d'alimentation trop faible. Le couple d'un moteur, ou sa puissance diminue comme le carré de la tension; par suite, une diminution de tension de X % se traduit par une diminution du couple beaucoup plus importante. Il faut ramener la tension à sa valeur normale. Si le moteur se trouve à l'extrémité d'une longue ligne, mesurez la tension aux deux extrémités de la ligne au démarrage et en marche. Si la chute de tension est importante, il faut refaire la ligne en fil plus gros. Si la tension est faible au début de la ligne, il faut élever la tension au générateur. S'il est impossible de remonter la tension d'alimentation, il faut installer un transformateur élévateur avec plusieurs prises.

5° Calage des balais incorrect. Même si le repère du porte-balais se trouve en face du repère fixe, essayer un calage légèrement différent. Le calage des balais réalisé par le constructeur correspond à une position moyenne, et certains emplois particuliers du moteur demandent un calage légèrement différent.

6° Les connexions du moteur ont été disposées pour une alimentation sous tension plus élevée. Modifiez les connexions du moteur pour l'amener à la tension du réseau. Voir figure 298.

7° Surcharge. Un moteur de ce type est capable de démarrer sous surcharge, sans toutefois être capable de prendre la vitesse à laquelle les balais se soulèvent.

8° Contacts du régulateur desserrés. Enlevez la plaque de protection et vérifiez le régulateur.

Les balais ne se relèvent pas en marche à vide. — Cherchez les causes suivantes :

1° L'induit frotte sur l'inducteur. Ceci peut provenir de :

a) corps étranger dans l'entrefer;

b) arbre voilé, bien que ce fait soit rare dans un moteur de ce type, à moins qu'il n'ait été manipulé très brutalement;

c) roulement usés.

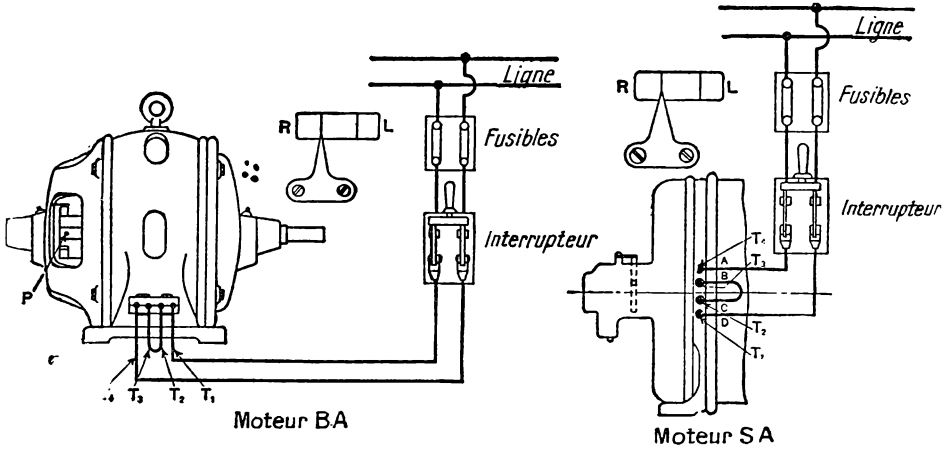


FIG. 297. — Connexions pour la tension la plus élevée de la plaque d'immatriculation.

2° Le régulateur a des pièces cassées, ce qui ne peut être vérifié que par démontage.

3° Les contre-poids du régulateur sont collés. Démontez le ressort du régulateur; les contre-poids devraient être libres sur leurs arbres.

4° Court-circuit dans l'induit. Il y a alors diminution du couple de démarrage et augmentation de l'intensité au démarrage. Les bobines en court-circuit peuvent être repérées par leur échauffement excessif lors du démarrage. On peut déterminer les court-circuits en relevant les balais et en mettant le moteur sous tension. S'il est impossible de faire tourner facilement l'induit à la main, il y a court-circuit. Le rotor effectue une fraction de tour et se bloque brutalement.

Les balais retombent sur le collecteur après s'être relevés. — On se trouve en général en présence de l'un des incidents suivants :

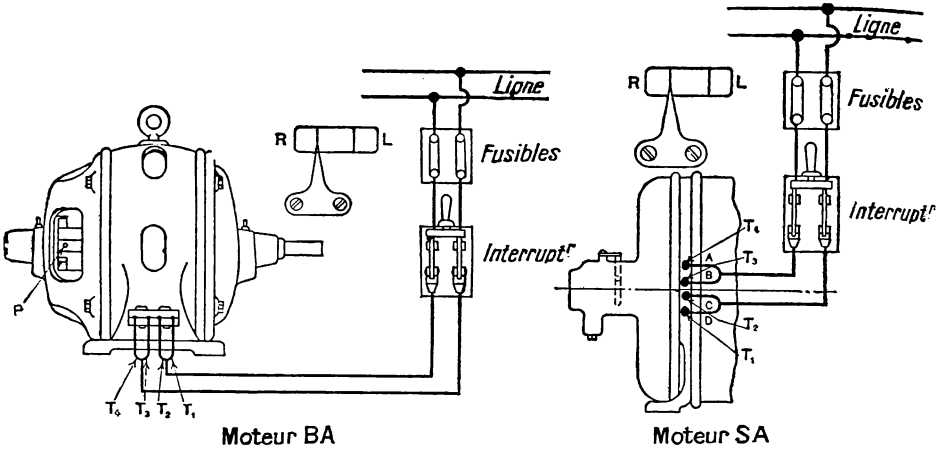


FIG. 298. — Connexions pour la tension la plus faible de la plaque d'immatriculation

1° Le régulateur fonctionne à une vitesse supérieure à la vitesse en charge. Ceci peut provenir d'une fréquence trop faible,

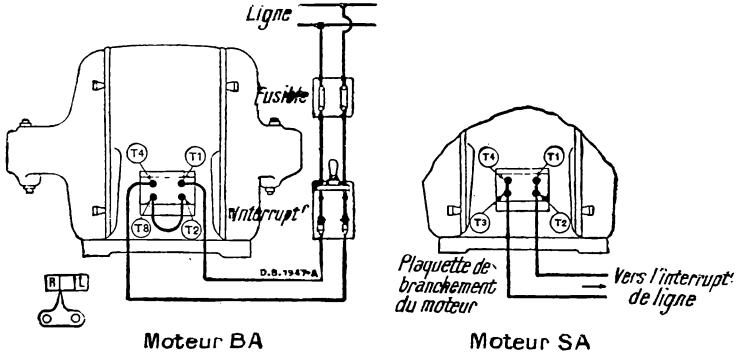


FIG. 299. — Connexions d'un moteur Wagner, type BA (modèle 8 ou 9).

ou d'une tension trop élevée du ressort du régulateur. Ce dernier défaut ne peut provenir que d'un démontage ou d'un réglage récent.

2° Le régulateur intervient à une vitesse tellement faible que le couple du moteur en moteur à induction n'est pas suffisant

pour amener le moteur à sa vitesse. Dans ce cas, le moteur se comporte plus ou moins bien quand il est essayé à vide. Un tel défaut peut provenir d'une alimentation sous une fréquence nettement trop élevée du réseau, ou d'une tension insuffisante du ressort du régulateur.

Paliers chauds. — Leur échauffement peut avoir les raisons suivantes :

1° Graissage avec une huile de mauvaise qualité. Utilisez toujours une huile de bonne qualité, parmi celles que peuvent recommander les raffineries les plus connues.

2° Huile sale. Si le moteur travaille dans un endroit poussiéreux, l'huile se charge rapidement de matières étrangères; les paliers chauffent et s'usent rapidement. Les réserves d'huile des paliers devraient être vidangées au moins une fois par mois, puis être remplies d'huile neuve. On peut obtenir un moteur équipé de paliers étanches moyennant un léger supplément.

3° Manque d'huile. Il faut être toujours certain que le niveau de l'huile dépasse toujours la cote minimum. Le trop plein, dans la plupart des petits moteurs, est un simple trou percé sur le côté du palier, tandis que dans les moteurs de grosse taille, il y a une saillie venue de fonderie, recouverte d'un bouchon en laiton.

4° Les anneaux de graissage ne tournent pas. Examinez un palier quand le moteur tourne, et vérifiez que les anneaux de remontée d'huile sont bien en mouvement. Si les anneaux tournent mais ne remontent pas d'huile, c'est que le niveau de cette dernière est trop bas. Si le niveau de l'huile est toujours bien maintenu à sa valeur correcte, il n'y a que peu de risques d'ennuis avec les paliers. Par suite, certains paliers sont réalisés de telle sorte qu'il est impossible de voir les anneaux de remontée d'huile.

5° Paliers non alignés. Les paliers peuvent perdre leur alignement par suite de corps étrangers entre la carcasse et les flasques. Le palier subit alors une torsion, qui tend à le faire chauffer rapidement.

6° Projections d'huile. Si le moteur a des projections d'huile, on trouvera probablement que les paliers ont été trop généreusement remplis, ou que le conduit de redescente de l'huile dans la réserve est obstrué par un corps étranger.

Le moteur chauffe aux faibles charges. — Les causes en peuvent être :

1° Basse fréquence (en fait, très basse fréquence).

2° Haute tension (très au-dessus de la tension nominale).

3° Echauffement local d'un enroulement statorique, provenant d'un court-circuit dans l'enroulement.

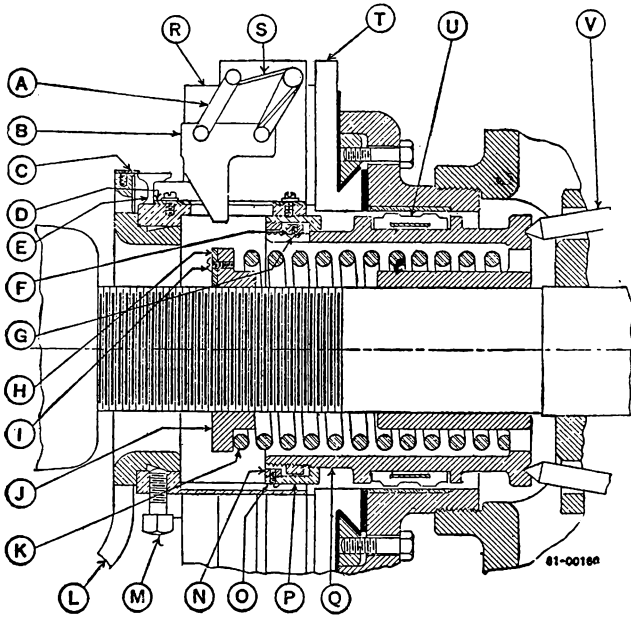


FIG. 300. — Interrupteur centrifuge d'un moteur BA quand le moteur est arrêté.

A, Anneau de relèvement.
B, Relèvement des porte-balais.
C, Repère de position des porte-balais.
D, Brides de porte-balais.
E, Bras mobile porte-balais.
F, Ecrou du tambour de ressort.
G, Vis de calage de l'écrou F.
H, Contre-écrou de blocage.
I, Vis de fixation du contre-écrou H.
J, Ecrou de compression.
K, Ressort régulateur.
L, Console de bras mobiles.
M, Vis de fixation des bras L.
N, Ecrou de l'anneau porte-balai.
O, Vis de blocage de l'anneau P.
P, Anneau porte-balai.
Q, Tambour contenant le ressort.
R, Balai.
S, Ressort de porte-balais.
T, Collecteur.
U, Contrepoids de court-circuitage.
V, Tiges de connexions.
W, Frette de tambour de ressort.

4° Moteur couplé pour fonctionner sous basse tension et réellement alimenté sous haute tension. Modifiez les connexions du moteur. Voir figure 297.

Le moteur chauffe en charge. — Les causes peuvent en être :

1° Fréquence incorrecte.

2° Faible tension d'alimentation.
3° Surcharge.
4° Liaison incorrecte moteur-réseau.

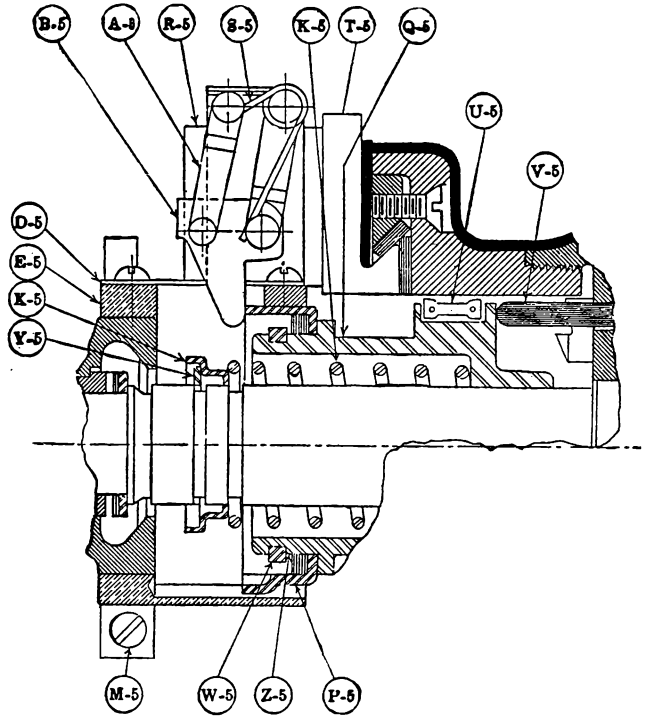


FIG. 301. — Interrupteur centrifuge des modèles 8 et 9 BA au repos.

A⁵, Anneau de relèvement.
B⁵, Relèvement de porte-balais.
D⁵, Brides de porte-balais.
E⁵, Bras mobiles porte-balais.
K⁵, Ressort régulateur.
M⁵, Vis de fixation des bras mobiles.
P⁵, Anneau porte-balais.
V⁵, Tiges de connexion.
R⁵, Balai.
S⁵, Ressort de porte-balais.
T⁵, Collecteur.
U⁵, Contrepoids de court-circuitage.
V⁵, Tiges de connexion.
W⁵, Frettes de tambour de ressort.
X⁵, Rondelle de retenue du ressort régulateur.
Z⁵, Rondelle de fibre du ressort de retenue.

5° N'oubliez pas qu'un moteur ne doit pas paraître en danger parce qu'il paraît chaud à la main. Il faut utiliser un thermomètre pour déterminer la température vraie de fonctionnement.

Relevage de balais de la figure 303. — Placez l'anneau support de balais (P-2) sur l'anneau à ressort (Q-2). Vissez l'écrou de l'anneau à ressort (F-2) jusqu'au moment où l'anneau porte-

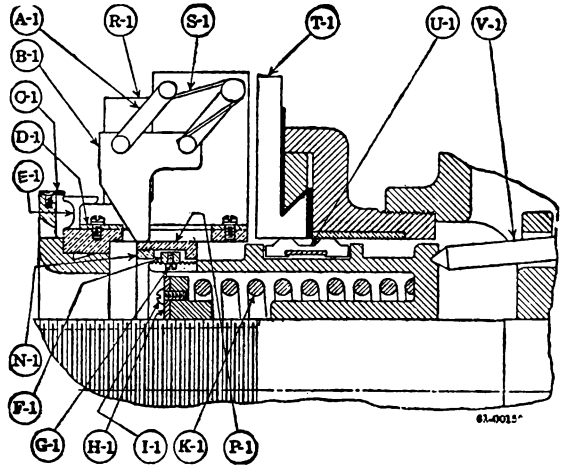


FIG. 302. — Position de l'interrupteur centrifuge BA quand le moteur est en vitesse. Notez que le décaleur de balais (B-1) tourne sur l'anneau porte-balais (P-1).

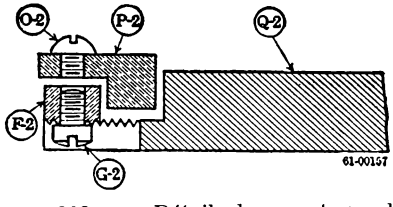


FIG. 303. — Détail de montage de l'anneau à ressort, modèles 8-SA, 9-BA, 11-BA et 14-LBA,

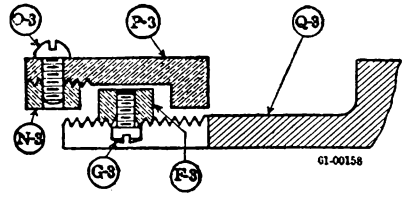


FIG. 304. — Détail de montage A, l'anneau à ressort, modèle 14-Bde 17-BA, 17-LBA, 19-BA et 22-BA.

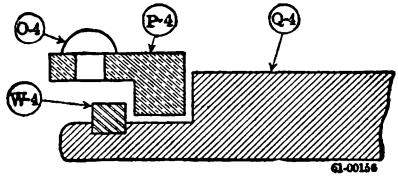


FIG. 305. — Détail de montage de l'anneau à ressort, modèles 8-SA, 9-BA, 11-BA, 14-LBA 14-BA, 17-LBA, 17-BA et 19-LBA.

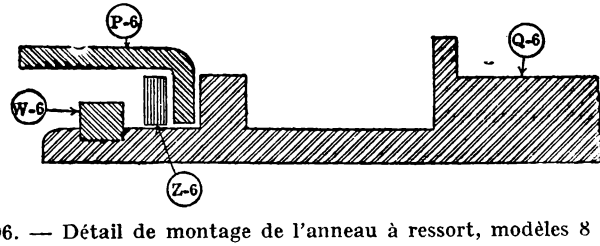


FIG. 306. — Détail de montage de l'anneau à ressort, modèles 8 et 9-BA.

balais (P-2) peut être déplacé d'avant en arrière sur l'anneau à ressort d'environ 1,5 mm, et vissez l'écrou dans la rainure à ressort (G-2).

Relevage de balais de la figure 304. — Placez l'anneau de balais (P-3) sur l'anneau à ressort, côté flasque en avant (Q-3). Vissez l'écrou de l'anneau à ressort (F-3) jusqu'au moment où il tient l'anneau porte-balais (F-3) en contact avec l'extrémité de l'anneau à ressort (Q-3). Tournez alors l'écrou de l'anneau à ressort (F-3) jusqu'au moment où le trou de la vis est à l'opposé de la rainure dans l'anneau à ressort. Mettez en place la vis de l'anneau à ressort (G-3). Vissez l'écrou de l'anneau porte-balais (N-3) dans l'anneau porte-balais (P-3) jusqu'à affleurement, le trou de vissage se trouvant en face du trou dans l'anneau porte-balais. Mettez en place la vis de blocage (O-3).

Relevage de balais de la figure 305. — Placez l'anneau support de balais (P-4), côté flasque en avant, sur l'anneau à ressort (Q-4). Mettez en place la frette de blocage (W-4).

Relevage de balais de la figure 306. — Placez l'anneau support de balais (P-6) côté flasque en avant, sur l'anneau à ressort (Q-6), puis disposez les rondelles (Z-6). Mettez enfin en place la frette de blocage (W-6).

Montage du moteur. — Reportez-vous à la figure 300, qui montre le montage des moteurs de grande puissance. Disposez les contre-poids de court-circuitage (U) dans la rainure de l'anneau à ressort, leur bord rectiligne côté anneau à ressort, le côté court-circuitage vers le collecteur. Disposez le tout sur l'arbre et repoussez-le vers l'induit jusqu'à butée sur les tiges de connexion (V).

Disposez le ressort (K) dans le tambour de ressort (Q). Vissez l'écrou de compression du ressort (J) jusqu'au moment où il dégage la plaque frontale quand le rotor bute d'un palier sur l'autre. Dans les modèles 8-SA et 9-BA, bloquez l'écrou de compression du ressort (J) au moyen de sa vis de blocage, qui pénètre dans un trou foré dans l'arbre.

Dans les modèles 11-BA et 14-LBA, mettez le bloqueur d'écrou de compression (H) de façon à ce qu'il s'engage dans la rainure de l'arbre. Vissez alors la vis de fixation de bloqueur (I).

La figure 301 se rapporte aux modèles 8 et 9, dans lesquels le dispositif de relevage des balais diffère des modèles pour lesquels la figure 300 est valable. Un détail grossi de l'anneau à res-

sort est représenté figure 306. Lors du montage du moteur, opérez de la façon suivante : placez le ressort (K-5) sur le tambour porte-ressort (Q-5). Poussez la pièce de retenue (X-5) contre le ressort (K-5) jusqu'au point où il est possible de mettre en place la rondelle de retenue (Y-5) dans la rainure de l'arbre. Si la vitesse de fonctionnement du régulateur est trop faible, mettez la rondelle de retenue dans la seconde rainure.

Remettez les flasques en place, en levant les bagues des paliers, et assurez-vous que la vis de l'anneau porte-balais vient bien dans la rainure des bras porte-balais.

Vérifiez soigneusement la propreté des rainures dans lesquelles s'encastrent les flasques, sinon, les paliers pourraient n'être pas alignés lors du blocage des écrous, ce qui se traduirait par un échauffement anormal.

Vérifiez également que les balais n'ont pas un jeu excessif dans leurs supports, dans lesquels ils doivent toutefois glisser librement.

Réglage des dispositifs de relevage représentés sur la figure 300. — Supprimez la charge du moteur, branchez-le sur le réseau et démarrez. Si le moteur relève ses balais à une vitesse légèrement inférieure à la vitesse de pleine charge, le réglage est correct. Si le moteur ne relève pas du tout ses balais, vérifiez en premier lieu la tension et la fréquence pour lesquelles le moteur est construit. Dans l'affirmative, le réglage est incorrect, et le ressort est trop comprimé; s'il n'est pas possible de décomprimer le ressort, raccourcissez-le progressivement jusqu'au moment où les balais se relèvent à la vitesse voulue.

Meulez l'extrémité coupée du ressort pour qu'il appuie correctement sur la butée.

Si le moteur relève ses balais trop tôt, il est possible qu'il ne puisse pas ensuite entraîner sa charge pour l'amener à la vitesse voulue, et le ressort doit être comprimé jusqu'au moment où le relevage s'effectue correctement. Quand les balais ont été relevés, vérifiez que la pièce de relèvement (B) frotte bien sur la bague prévue à cet effet, figure 302.

Réglage des dispositifs de relevage représentés sur la figure 301. — Opérez comme précédemment, supprimez la charge du moteur, branchez le moteur sur la ligne et fermez l'interrupteur. Si le réglage du ressort est trop serré et si l'on ne peut obtenir de bons résultats en déplaçant la rondelle de rete-

nue dans les diverses encoches de l'arbre, il faut couper progressivement le ressort jusqu'au moment où l'on obtient la tension voulue. L'extrémité du ressort devrait être meulée et formée après avoir été coupée pour qu'elle porte correctement sur sa butée.

TROISIÈME PARTIE

REBOBINAGE DES PETITS MOTEURS TRIPHASÉS

CHAPITRE XXXIII

REBOBINAGE DES PETITS STATORS TRIPHASÉS

Par suite du grand nombre de moteurs triphasés de petite taille en service, il y a une multitude de bobinages différents, ou de combinaisons de bobinages. La production en série s'est traduite par la disparition de tous les détails inutiles, en même temps qu'on utilisait les matières au maximum, pour obtenir de meilleurs moteurs à un prix plus réduit. Ainsi, le problème de l'utilisation des techniques les plus modernes, des matériaux les plus récents et des procédés nouveaux se trouve posé au bobineur.

Les fabrications en série ont simplifié la forme des sections, réduit le nombre des matériaux utilisés en bobinage et le couplage des bobinages à petites encoches partiellement fermées. Le rebobineur peut transformer de nombreux moteurs d'un type ancien en moteurs modernes.

Ce chapitre décrira quelques-uns des anciens bobinages et les chapitres suivants traiteront brèvement des nouveaux bobinages modernes qui suppriment un certain nombre de détails.

On peut utiliser, dans les petits moteurs triphasés à encoches partiellement fermées, différents types de bobinages dont nous donnons la liste ci-dessous :

1° Bobinage en panier (fig. 307 à 308).

2° Bobinage à deux couches sections en losange, avec un faisceau par encoche (fig. 310 à 311).

3° Enroulement à deux étages avec section en losange (fig. 313).

4° Enroulement à losange aplati à deux étages (fig. 312).

5° Bobinage en barres (fig. 314).

Tous ces bobinages sont des types anciens. La liste ci-dessous donne les variantes modernes de ces bobinages :

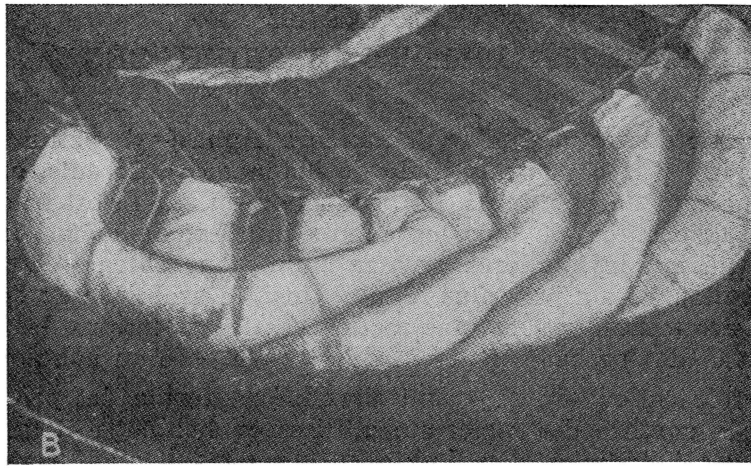
6° Bobinage à deux étages, à sections souples aplaties, bobinées ensemble sur gabarit.

7° Bobinages à deux étages à sections aplaties et arrondies, bobinées ensemble sur gabarit.

8° Bobinage concentrique à une section par encoche, bobiné ensemble sur gabarit.

9° Bobinage à main à trois fils.

10° Bobinage à recouvrement bobiné sur gabarit.



IG. 307. — Aspect d'un enroulement en « panier ». Il n'y a qu'une demi-section par encoche. Les demi-sections inférieures sont disposées dans une encoche sur deux, pour laisser une encoche libre pour les demi-sections supérieures.

La bobine plate souple, à têtes en losange ou arrondies, bobinée sur gabarit, permet de bobiner sans couper le fil un pôle entier, ce qui supprime un certain nombre de connexions intérieures. Dans le cas d'un moteur bipolaire triphasé, à 24 encoches et 24 bobines, on devrait avoir six groupes de quatre bobines, soit 12 conducteurs, alors que le bobinage simple comporterait 24 sections simples, soit 48 conducteurs.

Les grands constructeurs utilisent des bobineuses sur gabarit automatiques, utilisant autant de conducteurs qu'il y a de groupes dans le bobinage, et bobinant plusieurs jeux de bobines à la fois.

Dans le cas des bobinages avec une bobine par encoche, il y a moitié moins de bobines que d'encoches. Par exemple, un moteur bipolaire triphasé à 24 encoches comporte six groupes de deux sections, bobinées ensemble sans couper le fil.

L'isolement des encoches, figures 309 A et 309 B, est généralement réalisé maintenant dans les types modernes sans toile huilée dans l'encoche (qui était destinée à faciliter le glissement), et les enveloppes des bobines n'ont pas leurs extrémités repliées les unes sur les autres.

Ainsi, les bobinages modernes utilisent moins de bobines. On utilise quand on le peut les bobinages avec une bobine par encoche; le bobinage « continu », c'est-à-dire sans couper le fil

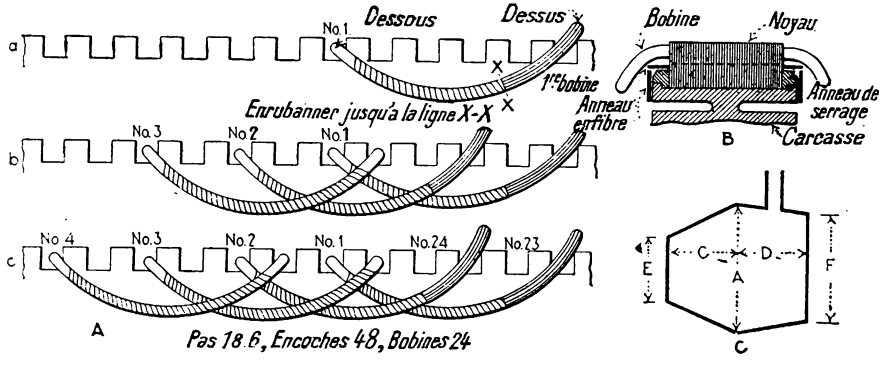


FIG. 308. — Placement des bobines dans un enroulement « panier ».
Les schémas en A représentent trois stades du bobinage. En B c'est une vue de côté d'une bobine faisant voir comment les têtes de bobines sont repliées vers le bas. Notez les anneaux isolants en fibre qui sont employés dans quelques constructions de moteurs pour protéger les bobines du fer. La forme des bobines employées dans cet enroulement est indiquée en C, F étant le côté inférieur et E le côté supérieur des bobines.

d'une bobine à l'autre, est utilisé car il diminue le nombre de connexions, sur moule ou gabarit de bobinage, avec angles arrondis. L'emploi des nouveaux fils émaillés permet de supprimer l'isolement des têtes de bobines.

Bobinage en panier. — Il est représenté sur la figure 307 et son nom provient de son aspect. Les extrémités des bobines s'entrelacent d'une manière sensiblement analogue à celle des brins d'osier d'un panier.

On ne peut utiliser ce bobinage que lorsque le nombre d'encoches est pair. Le nombre d'encoches sauté par une bobine doit être impair; autrement dit, le pas d'une section doit être de 1 à 4, de 1 à 6, de 1 à 8, etc., mais le dernier nombre du pas doit être pair.

Vérification du pas d'un bobinage en panier. — Pour voir s'il est possible ou non de mettre en place les sections avec ce pas, il faut opérer de la façon suivante : tracer sur une ligne

horizontale les encoches du moteur (ligne centrale de la figure ci-dessous). Sous cette ligne, disposez les côtés inférieurs des sections. Les numéros de sections devraient se trouver immédiatement au-dessous des numéros d'encoches dans lesquelles se trouve la section. Comme on le voit, la section 1 se trouve sous l'encoche 1, la section 2 sous l'encoche 3 (avec décalage d'une encoche parce que ce bobinage est en panier), la section 3 sous l'encoche 5, etc. Une fois que les nombres représentant la partie inférieure de la section sont en place, disposez sur une ligne au-dessus des numéros d'encoches les numéros correspondants aux sommets des sections. Ainsi, dans l'exemple ci-dessous, dans lequel le pas est 1 et 6, le sommet de la section 1 se trouve dans l'encoche 6, le sommet de la section 2 dans l'encoche 8, etc.

Sommet de section N°	.	.	.	.	.	1	.	2	.	3
Encoche N°.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base de la section N°	1	.	2	.	3	.	4	.	5	.

En achevant cette liste, on voit qu'avec un pas de 1 à 6, chaque base et chaque sommet de section se trouvent dans une encoche séparée. Si toutefois on prend un pas de 1 à 7, on voit qu'il est impossible de bobiner le moteur.

Sommet de section N°	.	.	.	.	.	.	1*	.	2*	.	3*
Encoche N°.....	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Base de la section N°	1	.	2	.	3	.	4	.	5	.	6

* Un côté de section se trouve déjà dans cette encoche, et, par suite, il est impossible de bobiner le moteur avec ce pas.

Le sommet de la section 1 tombera dans l'encoche 7, déjà occupé par la base de l'encoche 4. Identiquement, les moitiés supérieures des autres sections tomberont dans des encoches déjà occupées.

La figure 308 C montre la forme d'une section de bobinage en panier. La section est bobinée souple sur gabarit. Le côté long F est la moitié inférieure de la section; elle est plus longue que E, moitié supérieure, car la partie inférieure doit être cintrée. Les conducteurs doivent être sortis au voisinage du côté le plus long, pour que les connexions des sections ne soient pas cachées sous les sections suivantes.

Isolement dans les encoches. — La figure 308 B montre comment le circuit magnétique devrait être isolé au moyen d'anneaux de fibre pour protéger les sections lorsqu'elles sont repliées vers le bas. L'isolant utilisé consiste en papier de 0,5-0,6 mm

d'épaisseur, imprégné, ou de papier composite; ce dernier est formé de papier huilé recouvert d'une couche de toile huilée collée à la gomme laque, ce qui donne en même temps qu'un bon isolement électrique, une bonne résistance mécanique. L'isolant d'encoche devrait être coupé de 9 à 12 mm plus long que

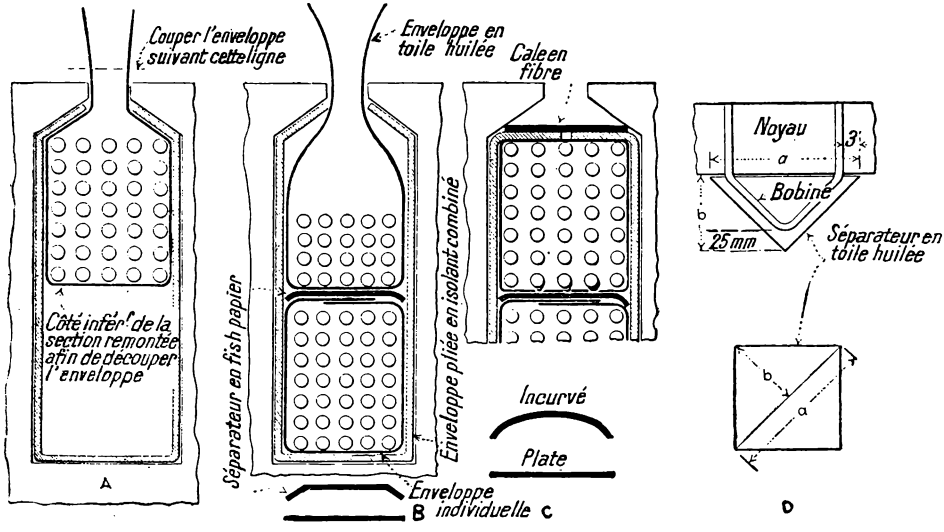


FIG. 309. — Isolement des encoches et des têtes de bobines. A, B et C montrent comment isoler les encoches et comment les caler. D montre comment couper les triangles isolants placés entre les têtes de section du stator.

l'encoche, et il doit s'adapter parfaitement à la forme de l'encoche, comme le montre la vue à grande échelle de la figure 307.

Mise en place des sections dans un enroulement en panier. — La figure 307 montre un moteur à 48 encoches, 24 sections et six pôles, bobiné avec un pas de 1 à 6. On voit sur la figure 308 A, qui représente le même enroulement, comment les bobines sont mises en place les unes après les autres. Comme on peut le voir, il n'y a qu'une demi-section par encoche. Le croquis A, figure 308, montre que l'on n'a mis que la demi-section 1 dans l'encoche 1. L'autre demi-section 1 reste en l'air. La moitié inférieure de la section est alors courbé vers le bas, comme on peut le voir figure 307 et figure 308 B, afin de laisser libre l'encoche suivante pour la moitié inférieure de la section suivante. On met alors en place la cale d'encoche. Une fois que la section a reçu sa forme, elle est isolée au moyen d'une couche de 0,25 mm d'épais-

seur de ruban en toile huilée et d'une couche de 0,17 mm d'épaisseur de ruban de coton, chaque spire de chaque couche recouvrant la moitié de la spire précédente. Lors de la mise en place du ruban, on rassemble l'isolant d'encoche et la cale, comme on peut le voir sur la figure 307. Le ruban est enroulé autour de l'isolant d'encoche et sur la cale, qui dépassent de l'encoche. Les deux premières sections mises en place ne sont rubanées que jusqu'à la ligne XX, figure 308 A. La partie laissée nue est rubanée par la suite, une fois que la moitié supérieure de la section a été disposée dans son encoche. Les autres sections sont rubanées en totalité dès leur mise en place.

Une fois la première section mise en place, la section 2 est disposée dans la seconde encoche à gauche de la première, comme on peut le voir figure 308 A. On laisse une encoche vide entre les sections 1 et 2, et on laisse également une encoche vide entre la section 2 et 3. La moitié supérieure de cette section peut être mise en position dans son encoche, parce qu'elle tombe à droite de la demi-section inférieure 1. Jusqu'au moment où cette condition se trouve remplie, il n'est possible de mettre en place que la demi-section inférieure. Si l'on continue de cette manière, on voit que la demi-section supérieure 4 vient entre les demi-sections inférieures 1 et 2. Le bobinage peut alors se poursuivre régulièrement jusqu'à complet achèvement.

Les sections pour bobinage en panier sont exécutées simples. Le bobinage en panier peut se transformer en bobinage à deux couches bobinées sans coupure du fil entre sections, avec bobinage sur gabarit de sections souples en faisant autant de sections que d'encoches, les sections ayant moitié moins de spires que dans le cas du bobinage en panier, mais le même conducteur.

Bobinage à deux couches avec un côté de section par encoche. — Les figures 310 et 311 donnent un exemple de bobinage à deux couches ayant une demi-section par encoche, dans le cas d'un stator triphasé hexapolaire, ayant 36 sections et 72 encoches. Ses sections sont en forme de losange.

Ce type de bobinage diffère du bobinage en panier en ce que la section en est le plus souvent souple et en forme de losange; de plus, on laisse vide autant d'encoches qu'il y a de sections par groupe. Dans le bobinage en panier, on ne laisse vide qu'une encoche entre deux sections consécutives. La figure 310 illustre le principe de ce bobinage. Le schéma supérieur montre comment les sections sont mises en place s'il y a deux sections par groupe. Les moitiés inférieures des sections 1 et 2 sont disposées

dans les encoches 1 et 2, puis on laisse deux encoches vides, pour remettre en place les deux sections du groupe suivant, etc. Ce mode de groupage est celui de la figure 311. Le dessin inférieur de la figure 310 montre un bobinage analogue ayant trois sections par groupe. La règle générale est la suivante : mettez dans des encoches adjacentes autant de sections qu'il y en a par groupe, puis laissez vide le même nombre d'encoches et recommencez.

Vérification du pas d'un bobinage à deux couches. — La possibilité d'utiliser un certain pas peut être vérifiée de la même façon que dans le cas d'un bobinage en panier. Par exemple,

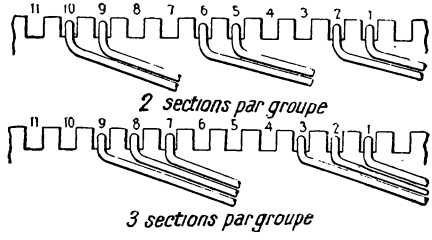


FIG. 310. — Commencement d'un bobinage à deux couches avec une section par encoche. Le schéma supérieur a deux sections par groupe. Il est identique à celui de la figure 311. On remplit deux encoches consécutives, puis on laisse les deux suivantes vides. Le schéma supérieur montre un bobinage à trois sections par pôle ; on remplit trois encoches consécutives, puis on laisse trois encoches vides. Les encoches vides seront remplies par la suite par les demi-sections supérieures.

avec le stator de la figure 311, il y a 72 encoches et 36 sections. Cette machine est triphasée hexapolaire, et, par suite, il y aura $3 \times 6 = 18$ groupes. Comme il y a 36 sections, il doit y avoir deux sections par groupe.

Si le pas est de 1 à 11, la vérification est la suivante :

Sommet de la section N°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	3	4
Encoche N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Basse de la section N°	1	2	.	.	3	4	.	.	5	6	.	.	7	8	.	.

Le sommet des sections tombe dans des encoches non remplies par des bases de sections et, par suite, ce pas est utilisable. Toutefois, si l'on avait adopté un pas de 1 à 12 on aurait eu la disposition suivante, qui montre que ce pas est inutilisable :

Sommet de la section N°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2*	.	.	3*
Encoche N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Base de la section N°	1	2	.	.	3	4	.	.	5	6	.	.	7	8	.	.

* Ces demi-sections supérieures tombent dans des encoches précédemment remplies.

Avant de commencer un bobinage de ce type, les encoches sont isolées comme dans le cas d'un bobinage en panier. Identiquement, chaque section est mise en place, puis elle est enrubanée comme dans le cas d'un enroulement en panier.

Bobinage à deux couches avec sections souples en losange aplati. — Les bobinages avec sections souples en losange aplati sont les plus courants pour les petits moteurs. Il existe un grand nombre de méthodes différentes pour isoler et mettre en

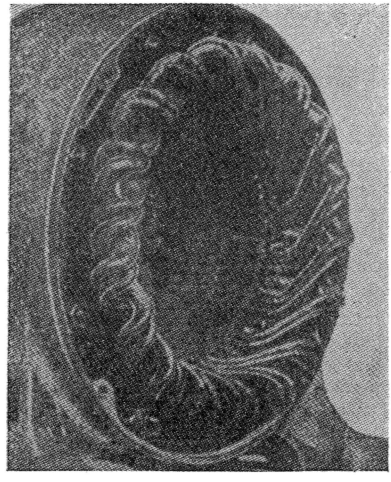


FIG. 311. — Enroulement à deux couches avec un faisceau par encoche. Cet enroulement possède deux bobines par groupe. (Voir schéma supérieur de la figure 310).

place de tels bobinages. Les figures 309 A à C montrent l'ancienne méthode d'isolement des encoches. On utilisait une gaine d'encoche composée d'un papier traité sur lequel se trouvait collé à la gomme laque une épaisseur de toile tannée. La meilleure épaisseur totale est de 0,6 mm; cet isolant d'encoche doit avoir la forme indiquée, puis on dispose une couche de toile huilée, dont le rôle est de protéger les conducteurs lors de leur introduction dans l'encoche. Une fois que la demi-section inférieure est en place, cette toile huilée est tirée vers l'ouverture de l'encoche et coupée comme indiqué figure 309 A. La section est alors tassée vers le bas de l'encoche et les extrémités de cette toile huilée sont repliées sur les conducteurs. Un isolant entre demi-section est alors disposé au sommet de la demi-section, comme en B. Cet isolant peut être plat ou concave. L'isolant plat ne doit pas être trop ajusté pour ne pas risquer de détériorer l'isolant d'encoche.

On dispose alors dans l'encoche à demi remplie un autre isolant en toile huilée pour la demi-encoche supérieure. Quand elle est en place il est coupé, replié sur les conducteurs et on peut mettre la cale d'encoche en place. La cale peut être plate ou concave. Dans le cas d'encoches étroites, il est préférable d'utiliser une cale concave, car la cale d'encoche a tendance à glisser

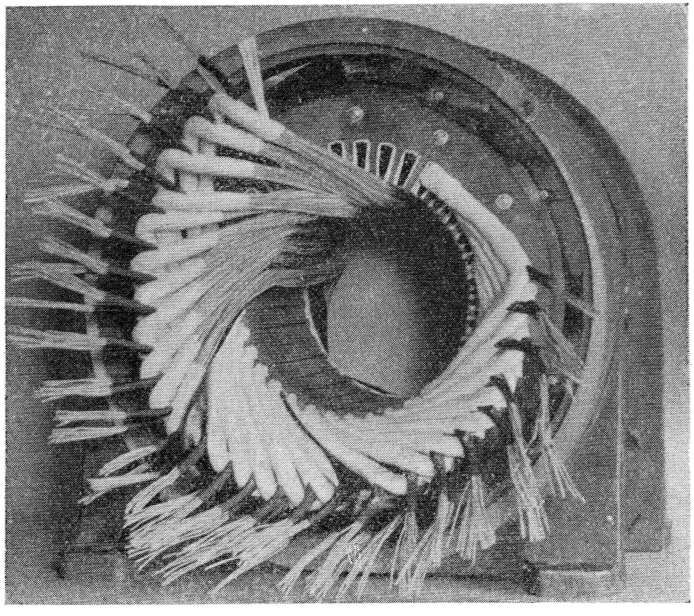


FIG. 312. — Enroulement à deux étages de moteur bipolaire triphasé, à six sections par groupe.

vers le haut. La cale concave est faite de fish papier de 0,36, 0,60 ou 1,4 mm d'épaisseur.

Nous donnerons dans les chapitres suivants des méthodes plus simples d'isolement d'encoches, afin que chaque atelier puisse choisir la méthode qui lui convient le mieux.

Les trois stades de mise en place des sections simples en losanges. — Dans les bobinages avec les sections utilisées autrefois, souples et en forme de losange, il est également possible d'utiliser des sections prérubanées et des sections simples; on peut aussi utiliser le prérubanage avec des sections bobinées sans couper le conducteur. La section est alors rubanée à l'atelier de bobinage, en commençant le rubanage à 25 mm de la sortie de

l'encoche, pour le terminer 36 mm avant l'entrée dans l'encoche. Les conducteurs sont sortis du côté de la demi-section inférieure, à environ 25 mm de la pointe du losange, ou nez. Ils sont renforcés par trois tours de ruban, ce qui rend leur sortie étanche à la poussière, tout en la renforçant.

En disposant cette section dans ses encoches, le bobineur applatit la partie non rubanée avec ses doigts, enfonce la section dans l'encoche, disposant bien les conducteurs de la section dans les angles de l'encoche, comme représenté sur les figures. Le milieu de la partie non rubanée est enfilé par une des extrémités de l'encoche, puis la section glisse dans cette encoche, et prend enfin sa place par un mouvement analogue à celui d'une scie. Une fois qu'un bobineur a attrapé le mouvement, il peut mettre une section en place très rapidement.

La moitié supérieure doit être mise en place par petits paquets de fils. Pour cette raison, une fois la section terminée, le rubanage n'est pas amené jusqu'à la limite des tôles du stator, mais cette fraction laissée nue doit être rubanée par la suite. On y arrive sans difficulté en plaçant une longueur de ruban de coton de 25 mm de large dans l'encoche, dont 21 mm environ sur la largeur se trouvent sous la toile huilée qui remplit l'encoche. Cette toile huilée dépasse nettement le bord de l'encoche; une fois la section en place, la toile huilée et le ruban forment un excellent joint. On comprendra facilement en se reportant à la figure 313 C.

La méthode la plus rapide de disposer les conducteurs de la demi-section supérieure consiste à utiliser une baguette de fibre de 1,3 mm d'épaisseur. Commencez alors par le conducteur le plus proche du fer. Poussez avec la baguette une des extrémités de ce fil dans l'encoche et, suivant le fil, mettez-le en place sur toute sa longueur. Le principe essentiel est de ne pas faire se croiser les fils entre eux; une fois bien en possession de cette méthode, elle se traduit par une économie de temps.

Quand une section a un grand nombre de spires, et que l'isolant de ce fil est du coton, du papier ou du verre, etc., il y a intérêt à paraffiner légèrement les conducteurs avant de les mettre en place dans l'encoche.

On rubane ensuite toile huilée d'encoche et conducteurs avec le ruban précédemment mis en place. Auparavant, on fait dépasser par un mouvement de va et vient le brin court de ce ruban d'environ 35 mm, et on l'enfonce dans l'encoche au moyen d'un couteau non tranchant. Le brin long est alors enroulé au-

tour de la section jusqu'à chevauchement avec le ruban précédemment mis en place.

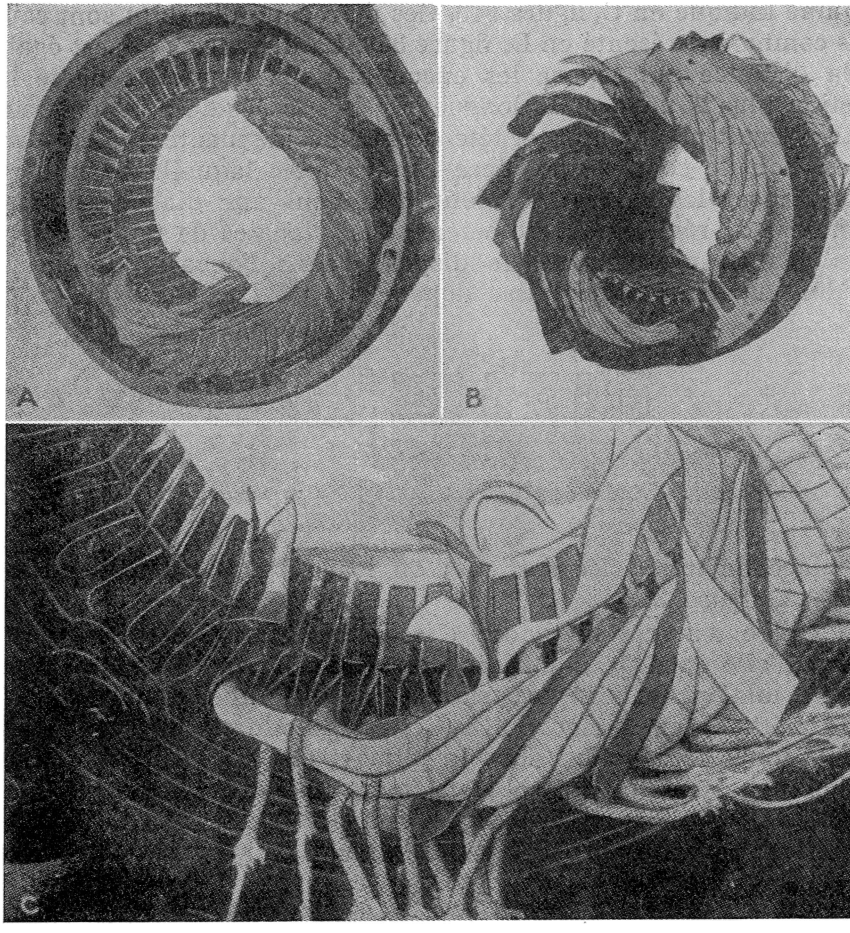


FIG. 313. — Enroulements à deux étages avec sections en losange. A, les sections ne sont pas rubanées. Elles sont isolées les unes des autres aux deux extrémités par des triangles de toile huilée. B, l'isolement est également assuré par les triangles en toile huilée, mais, de plus, une section sur trois est enrubannée pour assurer un meilleur isolement entre phases. C, toutes les sections sont enrubannées, et on dispose des triangles en toile huilée pour séparer les points de contact entre phase. A gauche de la dernière section, on voit la toile huilée isolant l'encoche prête à recevoir la demi-section inférieure suivante. Près du centre de la figure, on voit un autre isolant en toile huilée destiné à recevoir la demi-section supérieure suivante. Un ruban de coton de 25 mm, dépassant l'encoche d'environ 3 mm est disposé sous cette toile huilée. Une fois la section placée et calée, il permettra de faire un joint isolant entre la toile huilée d'encoche, la cale et l'enrubannage autour de la section.

Isolement supplémentaire entre bobines de phases différentes. — Il faut un isolement supplémentaire entre les sections de phases différentes. Une bonne méthode consiste à disposer des triangles de toile tannée huilée entre les sections, comme indiqué en C, figure 313. Ces morceaux d'isolant sont coupés comme représenté en D, figure 309. La distance « a » est égale à la distance qui sépare les encoches dans lesquelles passe la section plus 25 mm, et la longueur « b » est égale à la longueur entre circuit magnétique et tête de bobine augmentée de 25 mm. Il est bon de couper une pièce d'essai, avec laquelle on pourra alors tracer les carrés qui, coupés suivant une diagonale, permettront de réaliser cet isolement. Ces triangles de tissu doivent être mis en place avant de disposer dans l'encoche la demi-section supérieure. On laisse dépasser leurs bords jusqu'à mise

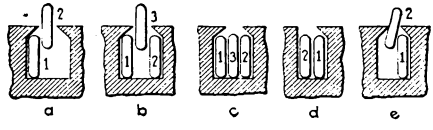


FIG. 314. — Ordre de placement des sections en barres de cuivre.

en place de toutes les sections; on les coupe alors au ras des sections, figure 312.

Il existe d'autres méthodes d'isolement des têtes de section. L'une d'elle consiste à utiliser des sections non rubanées, l'isolement total provenant des triangles de toile huilée; on a utilisé cette méthode en A, figure 313. Cette méthode est très rapide et donne toute satisfaction dans la plupart des applications quand le bobinage terminé est soigneusement imprégné. Pour 110, 220 et 440 volts, une épaisseur de 0,25 mm est suffisante, et il n'est pas nécessaire de disposer un isolement supplémentaire entre phases.

Une autre méthode d'isolement entre tête de bobines, quand il faut un isolement supplémentaire entre phase, consiste à rubaner simplement la dernière bobine de chaque groupe au moyen de ruban de coton de 0,175 mm d'épaisseur, en plus des triangles de toile traitée entre sections; on en voit un exemple figure 313 B.

Bobinage à deux couches avec sections en losange, souples, poussées. — Le bobinage à section souple simple est un autre type utilisé dans le cas de moteurs bipolaires à encoches partiellement fermées. Une telle section est bobinée en couches, et n'est pas rubanée; on se contente de l'attacher aux angles du losange.

Les sections sont disposées dans les encoches suivant la même technique que dans le cas des sections plates en losange précédemment décrites (voir figure 312). Les têtes de bobines sont rubanées et isolées par des triangles de toile huilée à la fin de chaque groupe. La figure 312 montre les trois premières sections prêtes à être attachées de telle sorte qu'elles laissent la place pour disposer dans les encoches les sections suivantes. Ce type de bobinage est très utilisé dans les moteurs bipolaires à grand embrassement.

Lors du bobinage de n'importe quel moteur, moins on doit déformer les sections pour les mettre en place, plus le bobinage est bien fait; le rôle de l'atelier de bobinage est de fournir des sections ayant la dimension voulue, et cette dimension ne doit en aucun cas être inférieure à celle des anciennes sections — tout au plus peut-elle être légèrement supérieure. Avec des sections de taille et de forme convenables, il y a peu de déformation à leur faire subir, si ce n'est un léger aplatissement des têtes.

L'enroulement à deux couches en sections souples est principalement utilisé dans les bobinages bipolaires ou quand l'embrassement est grand, ou quand les têtes de sections sont très larges. Comme les sections ainsi mises en place peuvent être préformées avec courbure des têtes qui sont disposées de telle sorte qu'elles libèrent l'entrefer, il est possible de les disposer dans le stator sans efforts.

Bobines en barres de cuivre. — Il est des stators munis d'encoches partiellement fermées qui sont bobinés avec des barres de cuivre : la figure 314 montre comment disposer ces barres dans de telles encoches. En c, on voit une section à trois spires avec ouverture d'encoche dans l'axe, juste assez large pour laisser passer une barre à la fois. Les numéros disposés sur chaque spire indiquent son ordre d'introduction dans les encoches. En a, on enfonce la barre 1, que l'on repousse vers la gauche aussi loin que possible. On engage ensuite la lame 2, que l'on pousse vers la droite, après quoi la lame 3 vient s'engager entre les lames 1 et 2, comme en b.

En d, on voit une encoche semi-fermée, avec ouverture décalée. On y enfonce en premier lieu la lame 1, que l'on repousse vers la droite, puis la barre 2. En c, on voit une encoche symétrique; il faut incliner légèrement la lame 2 pour la faire pénétrer dans l'encoche.

Isolement classe B. — Les isolements décrits précédemment rentraient dans la classe A. Pour la classe B, l'isolant d'encoche

serait de la toile imprégnée, du tissu de verre et du mica, les têtes de bobines étant isolées au moyen de ruban de fibre de verre de 0,125 à 0,175 mm d'épaisseur. Les rubans de fibre de verre sont tissés plus serrés, et, par suite, on peut plus économiquement utiliser un ruban de 0,075 mm d'épaisseur. On peut utiliser par exemple un ruban de 0,075 mm ayant 178 fils au cm; les rubans de verre de 0,125 à 0,175 ont soit 178 fils au cm, soit 89. Tous sont de bonne qualité. Les autres pièces isolantes d'encoche peuvent être en ruban de 0,175 à 0,25 mm d'épaisseur, et les séparateurs et cales peuvent être en micanite, en tissu de verre ou d'amiante.

Bobinages traités aux silicones. — Les enroulements spéciaux à haute température doivent être exécutés au moyen de rubans de fibre de verre, ou de tissus de verre et de mica imprégnés aux silicones.

On utilise pour le garnissage des encoches des combinaisons de silicones et de tissu de verre.

On peut utiliser, dans de nombreux cas, des cales en tige ou en plaque de verre, des séparateurs en verre plat, qu'il est pratique de se procurer coupés aux dimensions voulues.

CHAPITRE XXXIV

PASSAGE DES SECTIONS EN LOSANGE AUX SECTIONS ARRONDIES

La tendance actuelle du rebobinage est d'éliminer pour les petits moteurs triphasés à encoches partiellement fermées à sec-

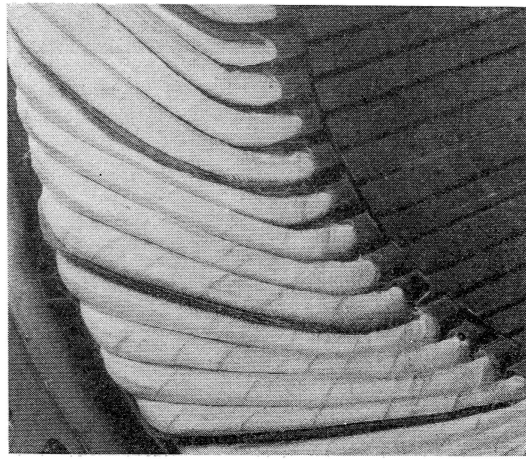


FIG. 315. — Bobinage à sections en losange, classe B. Toutes les têtes de section sont enrubannées ; il y a quatre sections par groupe, et une pièce isolante entre sections de phases différentes. Comparez avec les points de croisement des figures 316 et 317.

tions souples les sections en losange du type représenté sur la figure 315. Cette élimination a deux raisons, l'une mécanique et l'autre électrique. Le but de ce chapitre est de donner au rebobineur toutes les données nécessaires pour choisir le mode de rebobinage le meilleur.

Il existe deux méthodes générales pour remplacer les sections en losange type de la figure 315 : le bobinage à têtes rondes et le bobinage à têtes semi-rondes.

Les sections en losange ont un grave défaut mécanique : le

croisement de chaque tête de section pour passer de la couche inférieure à la couche supérieure se produit au point anguleux du losange, et le bobineur doit former la section à ce point au

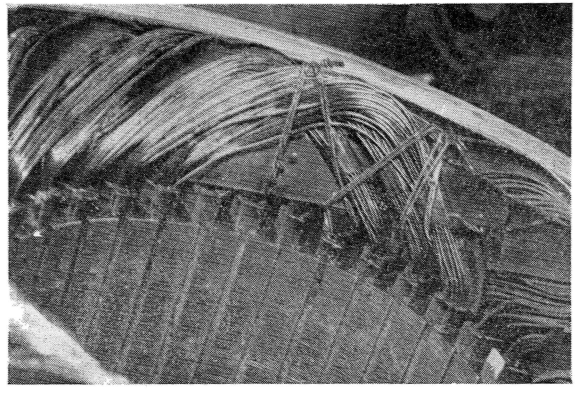


FIG. 316. — Bobinage à recouvrement à section en losange à tête arrondie, trois sections par groupe. Notez comment les conducteurs s'aplatissent aux têtes de bobines pour diminuer le volume du point de croisement.

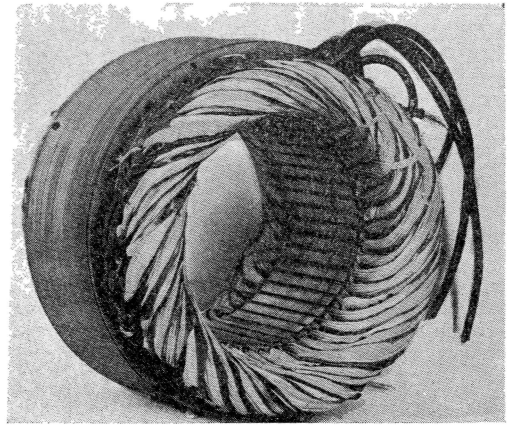


FIG. 317. — Aspect d'un bobinage à sections en losange à têtes arrondies, une section par groupe, têtes de sections enrubannées.

fur et à mesure du bobinage. Tous les croisements se font au point anguleux, comme on peut le voir figure 315, et un rayon de courbure trop petit détériore les isolants.

Les sections en losange aplati corrigent ce défaut, comme on peut le voir figure 312, mais ces sections demandent deux opéra-

tions, c'est-à-dire un bobinage sur gabarit, puis une mise en forme; de plus, quand il y a plus de deux sections par pôle, il est difficile de bobiner les sections en série sans couper le conducteur, ce qui se traduit par des connexions supplémentaires. Ces sections demandent également plus de cuivre, la longueur de leur spire moyenne étant plus élevée.

La tendance actuelle consiste à obtenir la puissance maximum par moteur avec le minimum de matière. On y arrive, dans le cas des sections souples, en diminuant l'importance des têtes de bobines, ce qui raccourcit la longueur de la spire moyenne.

Ces deux facteurs sont importants pour le bobineur, puisqu'ils influent sur les caractéristiques du moteur. Ainsi, un rebobinage avec moins de fil signifie une diminution des pertes dans le cuivre, alors que chaque augmentation de longueur se traduit par une variation des pertes, de facteur de puissance, etc., et, dans certains cas, des têtes de bobines trop importantes viennent en contact avec les flasques.

Comme on peut le voir sur la figure 316, les sections en losange arrondi et angle aplati sont utilisées dans les bobinages imbriqués. Comparées à celles de la figure 315, les têtes de bobine sont moins importantes, ainsi que l'aplatissement du pliage, ce qui répartit la surface de croisement des couches.

La figure 317 représente un inducteur à sections arrondies. Dans ce cas, notez que le croisement entre couches commence presque à la sortie du circuit magnétique; les sections passent progressivement de la couche supérieure à la couche inférieure.

On voit, en passant de la figure 315 à la figure 317, que les sections arrondies occupent moins de place, en même temps qu'elles utilisent moins de cuivre; de plus, les sections à têtes rondes se bobinent mieux que les sections anguleuses en losange. Il en résulte que, dans la majorité des cas, on obtiendra de meilleurs résultats avec moins de cuivre tout en ayant des têtes de bobine moins encombrantes.

Du point de vue du bobineur, ce genre de bobinage peut avoir comme inconvénient de nécessiter des gabarits spéciaux, particulièrement quand il s'agit de rebobiner un seul moteur. Toutefois, les données de ce chapitre et des chapitres suivants montreront qu'il est possible de réaliser des têtes semi-rondes qui utilisent les gabarits pour sections en losange, qui existent dans la plupart des ateliers de rebobinage.

Passage des sections en losange aux sections à têtes rondes.

— La figure 318 représente une section standard à têtes en losange, avec un pas de section de 8 encoches, soit 1 à 9. L'épaisseur des têtes de section, plus l'espace qui sépare deux têtes adjacentes, T, détermine l'angle AYF de pliage, ou, la ligne L perpendiculaire à AY pour aboutir au centre de la section en F détermine également l'angle de pliage. Dans ce cas, L est égal à trois fois T plus (T moins une demi-épaisseur de l'épaisseur de la section) ce qui donne la dimension intérieure de la section, ou dimension du gabarit; sa largeur est B, soit AFD. La figure 319 montre une section sortie de la figure 318.

Tête en losange. — Pour la figure 318, si L égale 31,6 mm et B 95 mm, la longueur d'un côté, soit AY est de 63,5 mm environ et la hauteur H est égale à 41,2 mm, et la tête sera AXYZD.

Tête arrondie. — Sur la figure 318, si nous prenons pour L la valeur 31,6 mm, et si nous traçons le rayon XWZ, nous formons une tête arrondie avec un gabarit de forme AXWZD, qui élimine tout le cuivre de la partie hachurée, de X à Y et de Y à Z, c'est-à-dire que la tête aura une hauteur FW, soit 31,6 mm au lieu de 41,2 mm, soit une diminution de 9,5 mm. Il est cependant préférable d'ajouter à L 3,1 mm et de tracer le gabarit suivant la ligne pleine et non suivant la ligne pointillée.

Dans ce cas, les angles AY et DY donnent à L la valeur 31,6 mm; il en résulte que le raccourcissement se ferait en prenant pour L la valeur 34,9 mm, en partant du centre de la ligne YF, coupant les lignes AY et DY de chaque côté de l'axe, figure 319. On est alors obligé de faire un gabarit spécial qui ne peut être exécuté que pour un grand nombre de moteurs du même type.

Têtes semi-circulaires. — Les têtes semi-circulaires sont les meilleures, spécialement dans le cas des enroulements imbriqués. En choisissant six rayons standard, comme indiqué dans les tables 91 à 96, on peut couvrir un grand nombre de bobinages, la valeur de B allant de 31,75 mm à 184,15 mm. Les tables 91 à 96 donnent les limites d'utilisation de chaque gabarit à têtes semi-circulaires.

Transformation des sections en losange en section à têtes semi-circulaires. — On comprendra, en se reportant à la figure 320, comment transformer une section à losange en section à tête semi-circulaire. Sur cette figure, B est la largeur du gabarit et FE est la hauteur du gabarit pour une section en losange. AE est la longueur de cuivre nécessaire pour couvrir un des côtés

du losange et F est le milieu de la dimension B. Par suite, L est une ligne perpendiculaire à AE, issue de F; cette dimension détermine l'angle de la section. L ne peut pas être supérieur au rayon ACD.

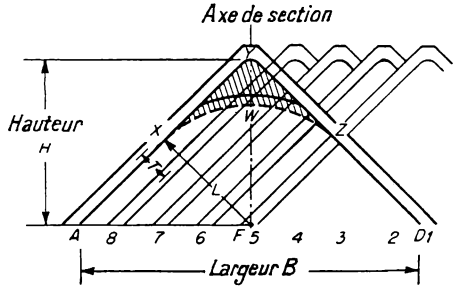


FIG. 318. — Tête de section en losange. B = 95 mm. H = 41,3 mm. AY = 63,5 mm L = 31,75 mm. Le pas de section est de 8, soit de 1 à 9 ; l'axe de la section se trouve sur l'axe de l'encoche 5.

Les rayons, pour la figure 320, sont déterminés en utilisant la moitié de la largeur B et en se reportant aux tables 91 à 96 pour

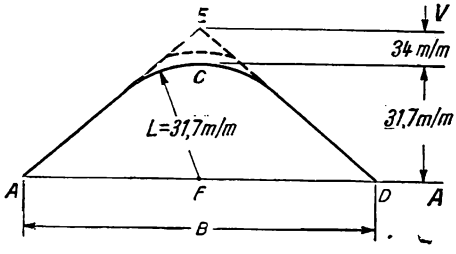


FIG. 319. — Tête de section arrondie de la figure 318 réduite au minimum de longueur de cuivre (ACD). Le débordement des sections est également réduit au minimum à 31,7 mm. Si le bobinage est trop délicat à mettre en place (sections trop courtes), L peut être porté à 34 mm ; l'arrondi suit alors la ligne pointillée (voir figure 316).

un rayon convenant à FE et à la longueur AE. Par exemple, si B = 69,85 et si FE = 41,27 mm pour une section en losange. La table 93 montre que pour un rayon de gabarit de 34,9 mm, on aura la section convenable; si l'on se reporte à la table 93 pour un rayon d'extrémités de 34,9 mm, on trouve que la longueur AGC pour B = 69,85 et H = 41,27 est de 54,77. On peut voir, sur la figure 320, que le rayon L est bien dans les limites de AGC et que la hauteur de la section FC sera bien de 34,9 au lieu de

41,27 mm, soit une réduction totale de l'ordre de 12,7 mm, ou 6,3 mm par côté.

Espace plat. — Chaque série de gabarits donnée dans les tables 91 à 96 peut être utilisée pour des sections de taille voisine, comme l'indique la colonne intitulée « espace plat ». Il y a deux limitations à la réalisation d'une partie rectiligne GCK, figure 321, pour un gabarit donné : (1) la longueur du fil nécessaire pour

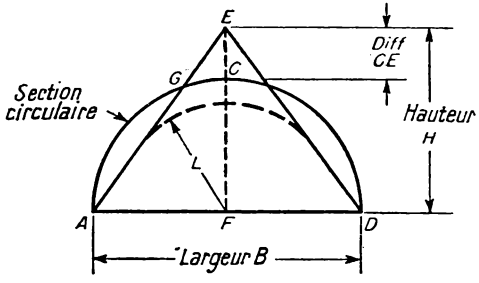


FIG. 320. — Sections semi-circulaires AC et DC = 31,7 mm. Valeur minimum de B = 69,8 mm ; hauteur 31,7 mm à 47 mm. (Voir table 93).

AE, comparée à la longueur AGC; (2) le rayon L ne doit pas dépasser le point C (fig. 321) de plus de 1,58 mm.

Sur la figure 321, les rayons de 34,92 ont été séparés de 25,4 mm,

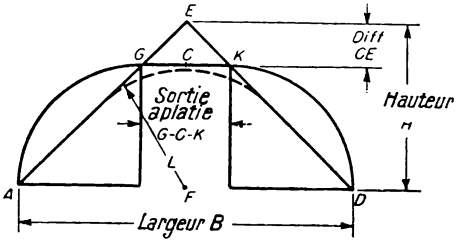


FIG. 321. — Rayon 31,7, mm, avec B porté à 95,25 mm. Hauteur 31,7 mm à 47 mm ; réduction CE = 12,7 mm ; partie aplatie = GCK = 25,4 mm ; AE = 67,5 mm ; AGC = 67,5 mm. (Voir table 93).

conformément aux indications de la table 93; il en résulte un espace GCK de 25,4 mm, une valeur de B de 95,25 mm, une hauteur FC de 34,92 mm et pour AGC une longueur de 67,47 mm. Ces valeurs, reportées sur la table 93, indiquent qu'une telle section remplacerait une section en losange de B = 95,25 mm et de hauteur F ou FE de 47,62 mm, soit une diminution de 12,7 mm de chaque côté, soit au total 25,4 mm d'encombrement en moins.

Ainsi, en transformant une section en losange en section semi-circulaire aplatie, il est nécessaire de maintenir la partie aplatie à une valeur telle qu'elle conserve au rayon L une longueur correcte pour les deux quarts de cercle qui se trouvent aux extrémités, la longueur de conducteur AGC devant par ailleurs être suffisante.

Toutes les dimensions indiquées dans les tables 91 à 96 ont été calculées pour donner des sections arrondies pouvant remplacer les sections en losange des colonnes 1 et 4. Il y a un certain chevauchement dans ces tables pour pouvoir choisir soit la section à têtes semi-circulaires ayant le minimum de cuivre, ou celle ayant l'encombrement minimum, comme nous le montrerons par la suite.

Etablissement de ces tables. — Pour expliquer comment les dimensions données dans les colonnes des tables 91 à 96 ont été calculées, nous avons donné les figures 322 A à 322 D, qui traduisent cinq des neuf lignes horizontales de la table 93 pour un rayon d'extrémité de 34,92 mm, croissant de 6,35 mm en passant de l'un à l'autre.

Sur la figure 322 (a), la partie plate FS est nulle et B = 69,85 mm, soit deux fois le rayon FC. La longueur de la ligne AGC est 54,6 mm, soit le quart de la circonférence ayant 69,85 mm de diamètre. Si l'on trace alors une ligne droite de 54,6 mm de long, en partant de A, on coupe l'axe FE en un point situé à 41,27 mm de F. Il en résulte que la section arrondie nécessitera autant de cuivre que la section en losange, mais l'encombrement des têtes de bobines sera réduit de 6,35 mm. Dans ce cas, L vaut 26,6 mm et se trouve à 8,33 mm sous le point C, ce que l'on peut exprimer en disant que, dans le cas d'une fabrication en série de sections arrondies, il faudrait moins de cuivre, en suivant le tracé AMND que ce soit pour des sections en losange ou pour des sections demi-circulaires.

Sur la table 93, le gabarit est ouvert de 3,17 mm en FS et il peut remplacer n'importe quelle section en losange de B = 73 mm et de H compris entre 34,9 mm et 42,86 mm, avec une diminution de 7,94 mm ou moins de l'encombrement des têtes de bobines.

La figure 322 (b) montre qu'une hauteur de 44,45 peut s'exécuter avec un FS de 6,35 mm pour B = 76,2.

La table 93, avec un FS de 9,52 mm donne une hauteur H de 44,45 mm, mais pour B = 79,37 mm. Identiquement, la figure 322 (c) avec un FS de 12,7 mm a une hauteur de 44,45 mm et un B de 82,55 mm.

La table 93, avec un FS de 15,87 mm, donne une hauteur de 46,04 mm et un B de 85,72 mm. Sur la figure 322 (d), le FS de 19,05 mm permet une hauteur de H = 46,83 mm et un B de

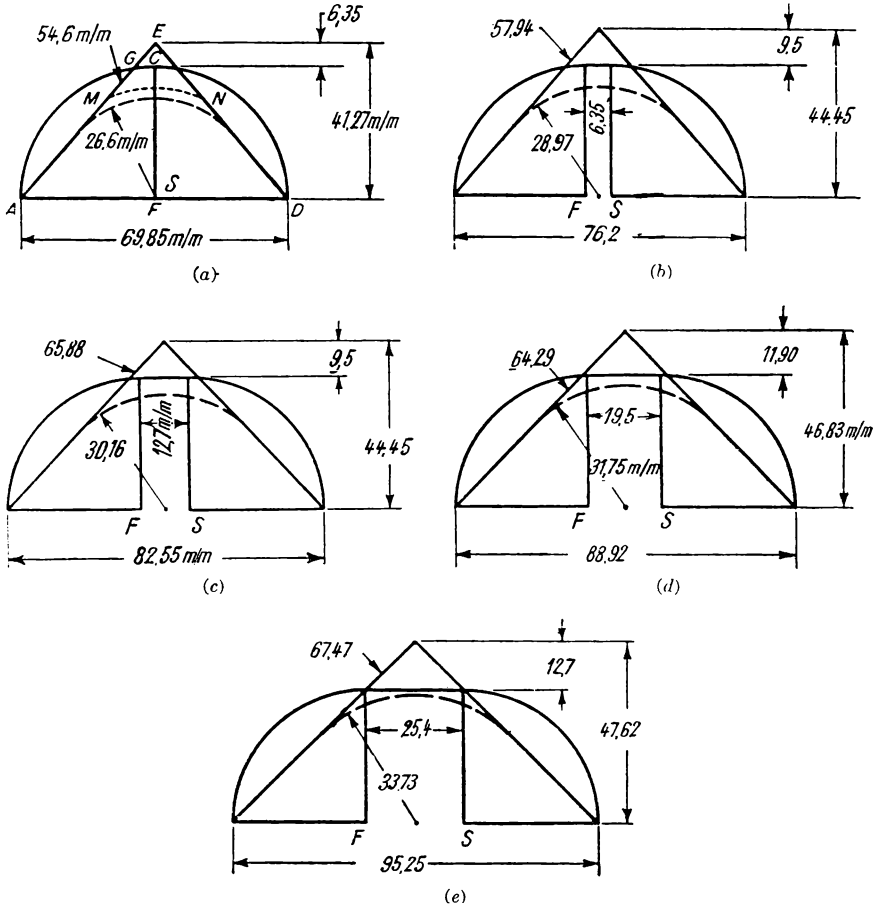


FIG. 322.

88,92 mm. Sur la table 93, FS va jusqu'à 22,22 mm et H jusqu'à 46,04 mm, mais B est de 92,07 au lieu de 85,72 mm.

Sur la figure 322 (e), le gabarit est ouvert au maximum FS = 25,4 mm, avec H = 47,62 mm et B = 95,25 mm. Dans ce cas, L, qui vaut 33,73 se trouve à 1,19 mm du point C.

Suppression des bobinages serrés avec les sections arrondies. — Une étude des tables 91 à 96 et des figures 318 à 322 (e) montrera comment il est possible de choisir la forme des sections

arrondies pour éliminer les bobinages serrés et difficiles à mettre en place quand ils sont bobinés en losange.

Sur la figure 322 (a) à (e), on a utilisé la longueur AGC pour construire le triangle avec la hauteur H partant de la base AF, soit la moitié de la dimension B. Dans chaque cas, la longueur résultante L indiquait de combien la longueur de conducteur et la hauteur FC pouvaient être réduites.

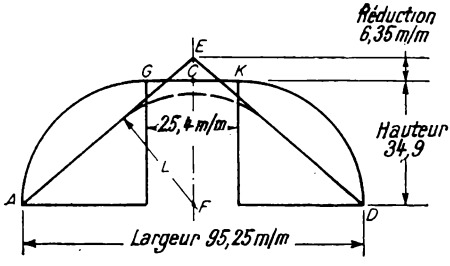


FIG. 323. — Section arrondie crorespondant à la figure 318, utilisant des rayons de 34,9 mm. B = 95,24 mm ; sommet plat GCK = 25,4 mm ; AGC = 67,5 mm ; réduction de hauteur = 41,27 — 32,92 = 6,35 mm ; la section à extrémités arrondies a (67,5-63,5) 2 = 8 mm de plus de cuivre par têtes de section que la section en losange. L réduit la boucle aplatie de 3,15 mm. (Voir table 93).

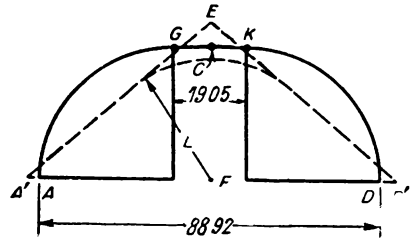


FIG. 324. — Section arrondie correspondant à la figure 318, réduite à la longueur minimum pour AGC, ou, en se reportant à la table 93, pour B = 88,9 mm. Dans ce cas, AGC = 64,3, soit 0,8 mm de plus que AE (fig. 318) qui vaut 63,5 mm, soit une longueur totale supplémentaire de 1,6 mm par tête de section par rapport à la section en losange de la figure 318. AED est le tracé de la section en losange originale.

Considérons la section en losange de la figure 318 avec B = 85,25 mm et H = 41,27, AY ou AE = 43,5. Transformons cette section en section arrondie. Sur la table 93, on trouve que l'on doit utiliser un rayon de 34,92 mm avec un espace aplati de 25,4 mm pour avoir pour B la valeur 85,25 mm. La table 93 montre que AGC vaut 67,57 mm, soit 3,97 mm de plus que AE, figure 323. Dans ce cas, un rayon de 34,92 mm permet de bobiner dans un espace plus réduit (diminution totale de longueur de 12,7 mm), mais il faut 7,94 mm de cuivre de plus à chaque extrémité, ce qui, conjointement aux têtes arrondies, permettra un bobinage plus facile.

Recherche de la longueur minimum de cuivre. — Considérons encore la figure 318. Essayons de réaliser la section à têtes rondes qui nécessitera le minimum de cuivre par spire, tout en permettant un bobinage facile. D'après les figures 318 et 323, on sait que pour AGC = 43,5 mm de long, nous aurons suf-

fisamment de cuivre pour former les extrémités. Nous trouvons alors sur la table 93 que pour AGC = 64,29 on peut utiliser B = 88,9 mm avec FS = 19,05 tout en ayant suffisamment de facilités pour bobiner (voir figure 324).

On peut ainsi utiliser les sections à extrémités arrondies comme une transition entre les sections en losanges et les sections à extrémités semi-circulaires. On doit cependant utiliser les sections semi-circulaires quand on veut réduire au minimum les pertes dans le cuivre.

TABLE 91

Rayon des têtes de sections 1,578 cm, B compris entre 3,175 et 4,445 cm, hauteur allant de 1,587 à 2,064 cm, partie aplatie de 1,27 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
3,175	0,0	1,588	1,905	0,3175	2,500
3,334	0,159	1,588	1,984	0,3969	2,580
3,493	0,318	1,588	1,984	0,4763	2,659
3,651	0,476	1,588	2,064	0,4763	2,738
3,810	0,635	1,588	2,064	0,4763	2,818
3,969	0,794	1,588	2,064	0,4763	2,897
4,128	0,953	1,588	2,064	0,4763	2,977
4,286	1,111	1,588	2,064	0,4763	3,056
4,445	1,270	1,588	2,064	0,4763	3,135

TABLE 92

Rayon des têtes de sections 2,222 cm, B compris entre 4,445 et 6,985 cm, hauteur allant de 2,222 à 3,254 cm, partie aplatie de 2,54 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
4,445	0,00	2,223	2,619	0,3969	3,453
4,763	0,318	2,223	2,778	0,5556	2,655
5,080	0,635	2,223	2,778	0,5556	3,850
5,398	0,953	2,223	2,937	0,7144	4,008
5,715	1,270	2,223	2,977	0,7541	4,167
6,033	1,588	2,223	3,016	0,7938	4,326
6,350	1,905	2,223	3,016	0,7938	4,485
6,668	2,223	2,223	3,016	0,7938	4,643
6,985	2,540	2,223	3,254	0,8731	4,802

TABLE 93

Rayon des têtes de sections 2,692 cm, B compris entre 6,98 cm et 9,52 cm, hauteur allant de 3,493 à 4,763 cm. partie aplatie de 2,54 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
6,98	0,0	3,493	4,128	0,635	5,477
7,30	0,317	3,493	4,286	0,794	5,635
7,62	0,635	3,493	4,445	0,952	5,794
7,93	0,952	3,493	4,445	0,952	5,953
8,25	1,270	3,493	4,445	0,952	6,111
8,57	1,587	3,493	4,604	0,111	6,270
8,89	1,905	3,493	4,683	0,119	6,429
9,21	2,222	3,493	4,683	0,119	6,588
9,52	2,540	3,493	4,762	0,127	6,747

TABLE 94

Rayon des têtes de sections 4,763 cm, B compris entre 9,52 cm et 12,70 cm, hauteur allant de 4,763 à 6,35 cm, partie aplatie de 3,175 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
9,52	0,0	4,763	5,715	0,952	7,614
9,842	0,317	4,763	5,755	0,992	7,62
10,16	0,635	4,763	5,794	1,031	7,779
10,48	0,952	4,763	5,874	1,111	7,937
10,79	1,270	4,763	5,953	1,190	8,096
11,11	1,587	4,763	6,032	1,269	8,225
11,33	1,905	4,763	6,112	1,349	8,414
11,757	2,222	4,763	6,191	1,428	8,572
12,065	2,540	4,763	6,270	1,507	8,731
12,382	2,857	4,763	6,350	1,587	8,890
12,70	3,175	4,763	6,350	1,587	9,048

TABLE 95

Rayon des têtes de sections 5,715 cm, B compris entre 11,430 et 14,605 cm, hauteur allant de 5,715 à 7,699 cm, partie aplatie de 3,175 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
11,430	0,0	5,715	6,826	1,111	8,969
11,747	0,317	5,715	6,985	1,270	9,128
12,065	0,635	5,715	7,064	1,349	9,386
12,382	0,952	5,715	7,143	1,428	9,445
12,700	1,270	5,715	7,223	1,508	9,604
13,017	1,587	5,715	7,302	1,587	9,763
13,335	1,905	5,715	7,381	1,666	9,921
13,652	2,222	5,715	7,461	1,746	10,080
13,970	2,540	5,715	7,540	1,825	10,239
14,287	2,857	5,715	7,620	1,905	10,398
14,605	3,175	5,715	7,699	1,984	10,557

TABLE 96

Rayon des têtes de sections 6,667 cm, B compris entre 13,335 et 18,415 cm, hauteur allant de 6,667 à 9,207 cm, partie aplatie de 5,08 cm.

Largeur B	Partie plate	Hauteur FC	Hauteur FE	Différence CE	AGC ou AE
13,335	0,0	6,667	8,095	1,428	10,477
13,652	0,317	6,667	8,175	1,508	10,596
13,970	0,635	6,667	8,255	1,588	10,793
14,287	0,952	6,667	8,334	1,666	10,953
14,605	1,270	6,667	8,413	1,746	11,112
14,922	1,587	6,667	8,492	1,825	11,271
15,240	1,906	6,667	8,492	1,825	11,430
15,557	2,222	6,667	8,492	1,825	11,588
15,875	2,540	6,667	8,572	1,905	11,747
16,192	2,857	6,667	8,651	1,984	11,906
16,510	3,175	6,667	8,731	2,064	12,065
16,827	3,492	6,667	8,810	2,143	12,323
17,145	3,810	6,667	8,889	2,222	12,382
17,462	4,127	6,667	8,968	2,301	12,541
17,780	4,445	6,667	9,048	2,381	12,700
18,097	4,762	6,667	9,127	2,460	12,858
18,415	5,080	6,667	9,207	2,540	13,017

CHAPITRE XXXV

FACTEURS CORDE POUR LES ENROULEMENTS TRIPHASÉS

Dans le rebobinage des petits stators triphasés avec des sections semi-circulaires (voir chapitre XXXIV) et des bobinages imbriqués, il est bon de se standardiser sur un aussi petit nombre de pas que possible, pour chaque nombre d'encoches et de pôles. Dans de nombreux cas, une différence de deux encoches dans le pas des sections se traduira par des modifications infimes des qualités du moteur, spécialement quand le nombre de spires par section, ou par phase, est grand. Une diminution d'une encoche ou de plus d'une encoche dans le pas des sections permettra de faire un enroulement plus tassé, tout en diminuant l'encombrement des têtes de section et la résistance ohmique par phase. Sur les stators ayant une petite ouverture, une réduction du pas des sections se traduira par une diminution de largeur des sections, ce qui facilitera leur introduction dans l'ouverture de l'inducteur.

Pas des sections et facteur corde dans les bobinages à pas diamétral. — Pour permettre un essai rapide de détermination de l'influence sur le nombre de spires et de la tension du passage du pas diamétral au pas cordé, essai valable pour n'importe quel bobinage, nous avons donné les tables 97 à 102 qui fournissent les données suivantes : tous les pas possibles, le pas pour cent, le facteur corde, la diminution par spire pour chaque pas et l'angle mécanique en degrés pour chaque pas. Il y a une table pour chaque nombre de pôles, de 2 à 12, pour moteur triphasé, avec les nombres d'encoches que l'on rencontre en général dans les petits moteurs. Par exemple, la table 97 concerne un moteur bipolaire, triphasé, pouvant avoir 18, 24, 36 et 48 encoches. La table 98 concerne un moteur tétrapolaire triphasé de 24, 36, 48, 54, 72, etc., encoches, et ainsi de suite jusques et y compris un moteur dodécapolaire, table 102.

Le pas de section, pour chaque combinaison de pôles et d'en-

coches est donné dans la seconde colonne des six tables. Cette colonne donne tous les pas possibles pour le nombre d'encoches donné dans la colonne 1.

Les tables montrent que, plus le nombre d'encoches est grand, plus il est possible de faire des combinaisons de pas et plus le facteur de diminution par spire décroît.

Le pas pour cent, pour chaque pas de section, est donné dans la colonne trois, exprimé dans le quart, le tiers ou la moitié le plus voisin.

Le facteur corde, ou sinus de la moitié des degrés électriques recouverts par les côtés de la section est donné dans la colonne quatre. Ce facteur, multiplié par le nombre de spires par phase, ou la tension en ligne, donne le nombre de spires actives, ou la tension active. Par exemple, dans la table 97, considérons un bobinage à 36 encoches, dans un moteur triphasé bipolaire. Nous avons dix pas possibles, de 1 à 10 et de 1 à 9. Si l'on utilise le pas de 1 à 16, les spires effectives ne sont que 0,9659 $\times$ par le nombre total de spires par phase ou par section.

Supposons que l'on parte d'un bobinage à 220 volts. Si l'on réduit le pas de 1 à 19 à 1 à 16, la tension d'alimentation passe de $220 \times 0{,}9659 = 212{,}5$ volts.

Le facteur corde des tables 97 à 102 ne peut être utilisé comme multiplicateur direct que lors du passage du pas diamétral au pas cordé.

La réduction par spire, facteur donné dans la cinquième colonne des six tables, donne directement la quantité dont on réduit l'efficacité d'une spire pour chaque pas de section, par section ou par phase. Cette colonne permet de savoir rapidement les modifications apportées par le passage du pas diamétral au pas cordé.

Il ne faut pas oublier que les données de la colonne cinq ne sont valables que lors du passage du pas diamétral au pas cordé. Nous reviendrons sur ce sujet par la suite.

La réduction par spire donnée dans les six tables peut être transformée en réduction pour cent simplement en multipliant par 100 chaque facteur donné. Ainsi, table 98, dans le cas d'un moteur tétrapolaire, triphasé, 36 encoches, pas de 1 à 8, le facteur de 0,0603 de réduction par spire multiplié par 100 devient 6,03 % de réduction dans les spires, ou dans la tension en partant du pas diamétral.

Par exemple, supposons que nous ayons un moteur bipolaire

triphasé à 36 encoches, bobiné sur pas diamétral, soit de 1 à 19, que nous voulions rebobiner avec un pas de 1 à 16 ou 83 1/3 %. Dans la colonne 5 de la table 97, on trouve la valeur 0,0341 qui signifie que l'efficacité de chaque spire est réduite de 3,41 %. Par suite, 1/0,0341 = 29,3 signifie que l'on perd une spire toute les 29,3 spires.

Standardisation du pas des sections. — Quand on a à rebobiner une assez grande quantité de moteurs triphasés de petite taille, il y a intérêt à adopter un ou deux pas standard pour chaque combinaison de pôles et d'encoches. Les tables 97 à 102 avec le texte suivant permettent de choisir la meilleure solution :

Considérons d'abord la table 98 dans le cas d'un moteur tétrapolaire triphasé, et plus spécialement le cas de 24 encoches, avec quatre pas de section possible, de 1 à 4, à 1 à 7. Les pas de 100 % ou 50 % sont rarement utilisés dans les moteurs n'ayant qu'une vitesse. Le pas de 1 à 6, ou pas de 83 1/3 % est le plus employé. Il en résulte que le pas de 1 à 6 peut être utilisé avec la plupart des bobinages. Par exemple, si l'on ramène à : 1 à 6 un bobinage qui était effectué de 1 à 7, la réduction par spire serait de 3,41 %, ou 1/0,0341 = 29,3; on perd une spire toutes les 29,3 spires.

Dans le cas de 72 encoches, tétrapolaire, triphasé, il y a dix pas possibles, de 1 à 50 (50 %) à 1 à 19 (100 %). Le pas de 1 à 15, ou 77 3/4 % peut être utilisé comme pas moyen, ce qui se traduit par une diminution de 0,06 par spire, soit 6 %, soit 1/0,06, ou perte d'une spire toutes les 16 2/3. Le pas de 1 à 16, ou 83 1/3 % se traduit par une réduction de 3,41 %, soit une spire toutes les 29,3. Les deux diminutions indiquées ci-dessus supposent que l'on passe d'un pas de 100 % au pas de 77 3/4 ou 83 1/3 respectivement.

Diminution de la tension en ligne. — Dans les tables 97 à 102, le facteur corde peut être utilisé comme multiplicateur direct pour obtenir la nouvelle tension d'alimentation avec chaque pas inférieur au pas diamétral.

Par exemple, considérons la table 98 et le moteur tétrapolaire triphasé, 36 encoches, 220 volts. Avec un pas diamétral de 1 à 10 et une réduction au pas 1 à 8, on aurait réduction de la tension de 220 à 220 $\times$ 0,0307 = 206,7 volts, soit une diminution de 6,03 %, soit une perte de 13,266 volts.

La perte pour cent en spires est donnée dans la colonne 5, tables 97 à 102 pour n'importe quel pas inférieur au pas diamétral en déplaçant la virgule de deux rangs vers la droite. Par

exemple, table 98, pour 36 encoches, pas de 1 à 8, on trouve une diminution de 6,03 % sur la tension, ou une diminution des spires efficaces de 6,03 %.

Ainsi, la colonne 5 montre directement la réduction en pour cent pour n'importe quel pas inférieur au pas diamétral dans le cas où l'on part d'un enroulement à pas diamétral.

Facteurs corde intermédiaires. — Les données précédentes s'appliquent quand on part d'un moteur bobiné suivant un pas diamétral, et que l'on veut rebobiner suivant un pas cordé. Toutefois, il y a de nombreux bobinages dans lesquels les sections ont un pas inférieur au pas diamétral, et sur lesquels on veut déterminer l'influence d'une modification du pas sur tension d'alimentation et sur le nombre de spires efficaces, quelle que soit la combinaison pas et pôles, afin de pouvoir utiliser un pas moyen.

La réduction par spire telle qu'elle est donnée dans la colonne cinq des tables 97 à 102 peut être utilisée comme réduction en pour cent dans un calcul préliminaire de la façon suivante : on peut lire directement la réduction de tension en pour cent dans la colonne cinq. Ainsi, dans la table 98, le bobinage 220 volts tétrapolaire 48 encoches avec un pas de 1 à 12 ou 91 1/3 % montre qu'il n'y a que moins de 1 % de diminution. Si nous examinons soigneusement la colonne 5, nous voyons que le pas de 1 à 11 amène une diminution de 3,41 % par rapport au pas diamétral; de même, un pas de 1 à 10 amène une diminution de 7,6 %, toujours par rapport au pas diamétral. Si l'on soustrait 0,0086, facteur du pas 1 à 12 de 0,0341, facteur du pas de 1 à 11, le résultat, 0,0341 — 0,0086 = 0,0255, soit environ 2 1/2 %, sera le facteur de réduction quand on passe du pas de 1 à 12 au pas de 1 à 11. Si l'on retranche ensuite 0,0086 de 0,0761, on obtient 0,0675, ou 6 3/4 %, facteur de réduction en passant du pas de 1 à 12 au pas de 1 à 10. Ces valeurs ne sont pas précises, et ne doivent être utilisées que lorsque l'on veut se faire rapidement une idée des possibilités.

La réduction vraie des spires ou de la tension peut être obtenue avec précision en utilisant le facteur corde donné dans la colonne 4 des tables 97 à 102 de la façon suivante :

Considérons table 98 le cas du moteur tétrapolaire triphasé à 48 encoches, avec pas de 1 à 12. Quelle sera l'influence si le même moteur est rebobiné avec un pas de 1 à 10 ? Pour passer du pas de 1 à 12 au pas de 1 à 11, nous divisons le facteur corde du pas de 1 à 11 par le facteur corde du pas de 1 à 12, ou

0,9695/0,9914 = 0,9742. Ce facteur est le multiplicateur direct à utiliser sur la tension d'alimentation ou sur les spires par section ou par phase. Dans ce cas, la tension en ligne pour le pas de 1 à 11 doit être de 220 × 0,9742 = 214,324 volts.

La réduction tension pour cent est alors :

$$(1 - 0{,}9742) \times 100 = 2{,}58\ \%$$

alors que l'estimation préliminaire était de 2,55 %.

Dans le cas d'un changement de pas de 1 à 12 en pas de 1 à 10, nous divisons le facteur correspondant à 1 à 10 par celui correspondant à 1 à 12, ou 0,9239/0,9914 = 0,9259; autrement dit, la tension en ligne pour un pas de 1 à 10 doit être de 220 × 0,9259 = 203,698 volts.

La réduction de tension pour cent est alors :

$$(1 - 0{,}9259) \times 100 = 7{,}41\ \%$$

contre une première estimation de 6 3/4 %.

Considérons le moteur triphasé tétrapolaire à 48 encoches, avec pas de 1 à 11, alimenté sous 220 volts. Quelle sera la réduction pour un pas de 1 à 10 ? Dans la table 98, le facteur corde pour un pas de 1 à 11 est de 0,9659 et le facteur corde pour un pas de 1 à 10 est de 0,9239. La réduction de tension d'alimentation doit être de :

220 (0,9239/0,9659) = 220 × 0,9576 = 210,672 volts, ou la diminution pour cent doit être de (1 — 0,9576) × 100 = 4,24 %.

On peut faire un calcul de perte pour une spire pour savoir quel effet aura le nouveau facteur corde sur le nombre de spires nécessaire pour perdre une spire. Dans ce cas, divisez 1 par la réduction en pour cent exprimée en décimales. Dans la modification ci-dessus du pas de 1 à 11 au pas de 1 à 10, la réduction pour cent était 4,24. Par suite, 1/0,0424 = 23,6 ce qui veut dire que l'on perd une spire toutes les 23,6 spires.

La réduction limite effectuée en modifiant le pas de section doit être inférieure à 5-7 %, car une diminution du pas se traduit par un survoltage du moteur, une augmentation du courant magnétisant, donc un facteur de puissance plus faible. Toutefois, quand le facteur de puissance n'est pas la chose essentielle, la diminution du pas et la marche en survoltage est sans inconvénient, puisqu'il y a augmentation du couple en fonction du carré de l'augmentation de tension, donc augmentation de puissance, diminution de l'échauffement, diminution de la réactance de fuite et diminution des bruits magnétiques.

Ainsi, les tables 97 à 102 peuvent être utilisées pour modifier des bobinages de combinaison quelconque d'encoches et de pas à un nombre minimum de bobinage standard. Ces tables peuvent également être utilisées pour calculer le facteur corde et la modification de la tension dans la spire ou le nombre de spires par section, etc., quand on transforme un moteur bobiné en ondulé en moteur bobiné en imbriqué.

DONNÉES SUR LES PAS DE SECTIONS

TABLE 97

2 pôles, 18, 24, 36 et 48 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
	1 à 10	100	1,0000	.....	180
	1 à 9	89	0,9848	0,0152	160
18	1 à 8	77,66	0,9397	0,0603	140
	1 à 7	66,66	0,8660	0,1340	120
	1 à 6	55,5	0,7660	0,2340	100
	1 à 13	100	1,0000	.....	180
	1 à 12	91,66	0,9914	0,0086	165
	1 à 11	83,33	0,9659	0,0341	150
24	1 à 10	75	0,9239	0,0761	135
	1 à 9	66,66	0,8660	0,1340	120
	1 à 8	58,33	0,7934	0,2066	105
	1 à 7	50	0,7171	0,2929	90
	1 à 19	100	1,0000	.....	180
	1 à 18	94,5	0,9962	0,0038	170
	1 à 17	89	0,9848	0,0152	160
	1 à 16	83,33	0,9659	0,1341	150
36	1 à 15	77,33	0,9397	0,0603	140
	1 à 14	72,25	0,9063	0,0937	130
	1 à 13	66,66	0,8660	0,1340	120
	1 à 12	61	0,8192	0,1808	110
	1 à 11	55,5	0,7660	0,2340	100
	1 à 10	50	0,7071	0,2020	90
	1 à 25	100	0,1000	.....	180
	1 à 24	96	0,9979	0,0021	172,5
	1 à 23	91,75	0,9914	0,0086	165
	1 à 22	87,5	0,9808	0,0192	157,5
	1 à 21	83,25	0,9659	0,0341	150
	1 à 20	79,25	0,9469	0,0531	142,5
48	1 à 19	75	0,9239	0,0761	135
	1 à 18	71	0,8969	0,1031	127,5
	1 à 17	66,66	0,8660	0,1340	120
	1 à 16	62,5	0,8315	0,1685	112,5
	1 à 15	58,25	0,7934	0,2066	105
	1 à 14	54,25	0,7518	0,2482	97,5
	1 à 13	50	0,7071	0,2929	90

TABLE 98

4 poles, 18, 24, 36, 48, 54, 72 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
18	1 à 5	89	0,9848	0,0152	80
	1 à 4	66,66	0,8660	0,1340	60
	1 à 7	100	1,0000	.....	90
24	1 à 6	83,33	0,9659	0,0341	75
	1 à 5	66,66	0,8660	0,1340	60
	1 à 4	50	0,7071	0,2929	45
	1 à 10	100	1,0000	.....	90
	1 à 9	89	0,9848	0,0152	80
36	1 à 8	77,75	0,9397	0,0603	70
	1 à 7	66,33	0,8660	0,1340	60
	1 à 6	55,5	0,7660	0,2340	50
	1 à 13	100	1,0000	.....	90
	1 à 12	91,66	0,9914	0,0086	82,5
	1 à 11	83,33	0,9659	0,0341	75
48	1 à 10	75	0,9239	0,0761	67,5
	1 à 9	66,66	0,8660	0,1340	60
	1 à 8	58,33	0,7934	0,2066	52,5
	1 à 7	50	0,7071	0,2929	45
	1 à 14	96,33	0,9983	0,0017	86,66
	1 à 13	89	0,9848	0,0152	80
	a à 12	81,5	0,9580	0,0420	73,33
54	1 à 11	74	0,9182	0,0118	66,66
	1 à 10	66,66	0,8660	0,1340	60
	1 à 9	59,33	0,8021	0,1979	53,33
	1 à 8	51,66	0,7274	0,2726	46,66
	a à 19	100	1,0000	.....	90
	1 à 18	94,5	0,9962	0,0038	85
	1 à 17	89	0,9848	0,0152	80
	1 à 16	83,33	0,9659	0,0341	75
	1 à 15	77,75	0,9397	0,0603	70
72	1 à 14	72,25	0,9063	0,0937	65
	1 à 13	66,66	0,8660	0,1240	60
	1 à 12	61	0,8192	0,1808	55
	1 à 11	55,5	0,7660	0,2340	50
	1 à 10	50	0,7071	0,2929	45

DONNÉES SUR LES PAS DE SECTIONS *(suite)*

TABLE 99

6 pôles, 24, 36, 48, 54, 72 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
24	1 à 5	100	1,0000	.....	60
	1 à 4	75	0,9239	0,0761	45
	1 à 3	50	0,7071	0,2929	30
36	1 à 7	100	1,0000	.....	60
	1 à 6	84	0,9659	0,0341	50
	1 à 5	67	0,8660	0,1340	40
	1 à 4	50	0,7071	0,2929	30
48	1 à 9	100	1,0000	.....	60
	1 à 8	87,5	0,9808	0,0192	52,5
	1 à 7	75	0,9239	0,0761	45
	1 à 6	62,5	0,8315	0,1685	37,5
	1 à 5	50	0,7071	0,2929	30
54	1 à 10	100	1,0000	.....	00
	1 à 9	89	0,9848	0,0151	53,33
	1 à 8	77,75	0,9397	0,0603	46,66
	1 à 7	66,66	0,8660	0,1340	40
	1 à 6	55,5	0,7660	0,2340	33,33
72	1 à 13	100	1,0000	.....	60
	1 à 12	92	0,9914	0,0086	55
	1 à 11	84	0,9658	0,0342	50
	1 à 10	75	0,9239	0,0761	45
	1 à 9	67	0,8660	0,1340	40
	1 à 8	58	0,7934	0,2066	35
	1 à 7	50	0,7071	0,2929	30

TABLE 100

8 pôles, 48, 60, 72, 96, 108 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
48	1 à 7	100	1,0000	.....	45
	1 à 6	83,33	0,9659	0,0341	37,5
	1 à 5	66,66	0,8660	0,1340	30
	1 à 4	50	0,7071	0,2929	23,5
60	1 à 8	93,33	0,9945	0,0055	42
	1 à 7	80	0,9551	0,0449	36
	1 à 6	66,66	0,8660	0,1340	30
	1 à 5	53,33	0,7431	0,2569	24
72	1 à 10	100	1,0000	.....	45
	1 à 9	89	0,9848	0,0152	40
	1 à 8	77,75	0,9347	0,0653	35
	1 à 7	66,66	0,8660	0,1340	30
	1 à 6	56	0,7660	0,2340	25
96	1 à 13	100	1,0000	.....	45
	1 à 12	91,5	0,9914	0,0086	41,25
	1 à 11	83,33	0,9659	0,0341	37,5
	1 à 10	75	0,9239	0,0761	33,75
	1 à 9	66,66	0,8660	0,1340	30
	1 à 8	58,25	0,7934	0,2066	26,25
	1 à 7	50	0,7071	0,2929	22,5
108	1 à 14	96,33	0,9984	0,0016	43,33
	1 à 13	89	0,9848	0,0152	40
	1 à 12	81,33	0,9779	0,0221	36,66
	1 à 11	74	0,9184	0,0816	33,33
	1 à 10	66,33	0,8660	0,1340	30
	1 à 9	59,25	0,8023	0,1977	26,33
	1 à 8	52	0,7274	0,2726	23,33

DONNÉES SUR LES PAS DE SECTIONS *(suite)*

TABLE 101

10 pôles, 48, 54, 60, 72, 84, 96, 108 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
48	1 à 5	83,33	0,9679	0,0321	30
	1 à 4	62,5	0,8340	0,1660	32,5
60	1 à 7	100	1,0000	.....	36
	1 à 6	83,33	0,9695	0,0305	30
	1 à 5	66,66	0,8660	0,1340	24
	1 à 4	50	0,7071	0,2929	18
54	1 à 6	92,5	0,9931	0,0069	33,33
	1 à 5	74	0,9184	0,0816	26,33
	1 à 4	55,5	0,7660	0,2340	20
72	1 à 8	97,25	0,9909	0,0091	35
	1 à 7	83,25	0,9695	0,0305	30
	1 à 6	69,5	0,8572	0,1428	25
	1 à 5	55,5	0,7339	0,2661	20
84	1 à 9	95,25	0,9965	0,0035	34,25
	1 à 8	83,25	0,9696	0,0304	30
	1 à 7	71,5	0,9005	0,0995	25,75
	1 à 6	59,5	0,8039	0,1961	21,5
96	1 à 10	93,75	0,9952	0,0048	33,75
	1 à 9	83,25	0,9696	0,0304	30
	1 à 8	73	0,9108	0,0892	26,25
	1 à 7	62,5	0,8315	0,1695	22,5
	1 à 6	52	0,7298	0,2702	18,75
108	1 à 11	92,5	0,9932	0,0068	33,33
	1 à 10	83,25	0,9695	0,0305	30
	1 à 9	74	0,9184	0,0816	26,66
	1 à 8	65	0,8511	0,1489	23,33
	1 à 7	55,5	0,7660	0,2340	20

TABLE 102

12 pôles, 36, 48, 54, 72, 84, 96, 108 encoches

Nombre d'encoches	Pas de section	Pas pour cent	Facteur corde	Réduction par spire	Angle mécanique en degrés
36	1 à 4	100	1,0000	.....	30
	1 à 3	66,66	0,8660	0,1340	20
48	1 à 5	100	1,0000	.....	30
	1 à 4	75	0,9327	0,0763	23,5
	1 à 3	50	0,7071	0,2929	15
54	1 à 5	89	0,9810	0,0190	26,66
	1 à 4	66,66	0,8660	0,1340	20
72	1 à 7	100	1,0000	.....	30
	1 à 6	83,33	0,9659	0,0341	25
	1 à 5	66,66	0,8660	0,1340	20
	1 à 4	50	0,7071	0,2929	15
84	1 à 8	100	1,0000	.....	30
	1 à 7	85,5	0,9748	0,0252	25,75
	1 à 6	71,5	0,9007	0,0993	21,5
	1 à 5	57	0,7826	0,2174	17,25
96	1 à 9	100	1,0000	.....	30
	1 à 8	87,5	0,9808	0,0192	26,25
	1 à 7	75	0,9237	0,0763	23,5
	1 à 6	62,5	0,8315	0,1685	18,75
	1 à 5	50	0,7071	0,2929	15
108	1 à 10	100	1,0000	.....	30
	1 à 9	89	0,9810	0,1090	26,66
	1 à 8	77,75	0,9397	0,0603	23,33
	1 à 7	66,66	0,8660	0,1340	20
	1 à 6	55,5	0,7660	0,2340	16,66

CHAPITRE XXXVI

BOBINAGES IMBRIQUÉS (OU A RECOUVREMENT)

La tendance actuelle en production de série est d'utiliser, dans les moteurs à encoches semi-fermées, deux sections par encoche, le bobinage imbriqué, identique au bobinage en boucles utilisé

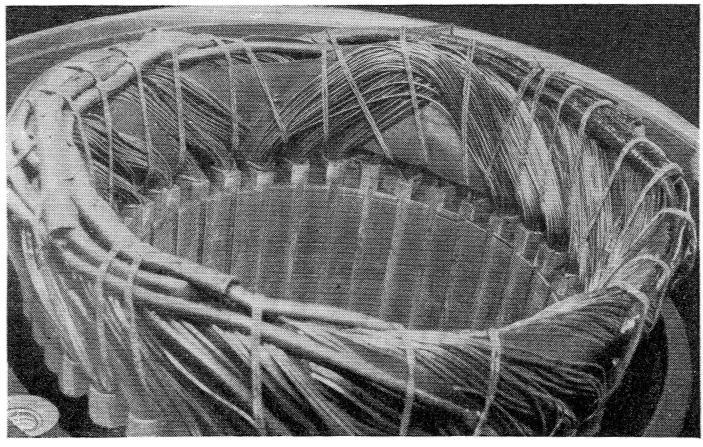


FIG. 325. — Sections en losange à sommet arrondi dans un bobinage à recouvrement de pas 1 à 8 avec soupliso sur les conducteurs de sections. Notez un isolement supplémentaire à l'extrémité de l'encoche à l'endroit où la première et la dernière section se recouvrent. Moteur tétrapolaire triphasé, 36 encoches, trois sections par groupe.

sur les petits induits de moteurs à courant continu bobinés à la machine.

Définition du bobinage imbriqué à recouvrement. — Son nom provient du fait que la dernière section mise en place recouvre totalement les premières sections mises en place, comme on peut le voir sur les figures 325 et 326, sur lesquelles on peut voir le recouvrement au sommet de chaque bobinage.

Dans le bobinage imbriqué à recouvrement, la dernière section

bobinée est totalement visible des deux côtés de l'inducteur, comme on peut le voir figure 325, sur laquelle on peut également remarquer les isolants entre sections de phases différentes.

Le bobinage imbriqué à recouvrement des stators est basé sur le même principe que le bobinage des induits courant-continu, suivant lequel le fil est bobiné directement dans les encoches, les premières sections étant bobinées de base à base d'encoche, puis de base à sommet, et les dernières sections sont bobinées de sommet à sommet; la seule différence réside dans l'emploi, pour les stators, de sections souples aplaties.

Les avantages du bobinage à recouvrement résident principalement dans le fait que les premières sections n'ont pas à être partiellement mises en place, puisqu'elles sont immédiatement bobinées dans deux encoches. Il en résulte que l'ouverture du stator est toujours libre, et qu'il n'y a pas de demi-sections à maintenir dans des positions provisoires. Il en résulte qu'il est possible de mettre en place plus facilement les dernières sections.

Il est plus facile de relever les données de bobinage, puisque la dernière section est totalement visible (voir figure 325). Par suite, toutes les données peuvent être relevées sans extraire une « section échantillon ».

On emploie de préférence dans ce bobinage des sections arrondies ou semi-circulaires, les croisements dans les têtes de bobines se présentant mieux que dans le cas de sections en losange. Toutes les sections utilisées dans le bobinage à recouvrement doivent être du type souple aplati.

On a effectué des mesures pour essayer de trouver la différence de fonctionnement quand on remplace un bobinage conventionnel à deux couches par un bobinage à recouvrement, et on a trouvé qu'il n'y avait pas de différence sensible dans le rendement, le bruit ou l'équilibrage des phases.

En théorie, la réactance du bobinage est modifiée quand on déplace une section dans une encoche. La réactance d'une section dont les deux côtés se trouvent à la base d'une encoche devrait être plus élevée que celle d'une section dont les deux côtés se trouvent au sommet; en réalité, il n'y a pas une grande différence dans la réactance des trois phases, puisque chaque phase a le même nombre de sections, également réparties, bobinées de base à base, de base à sommet et de sommet à sommet.

Pour minimiser l'influence d'un changement de bobinage et pour être certain qu'un tel bobinage donnera un bon rendement, il faut que le bobinage soit aussi proche de l'entrefer que pos-

sible. Autrement dit, disposez le plus possible de matériaux de remplissage à la base des encoches. Quand on essaie un bobinage à recouvrement en surtension, la forme du courant variera considérablement par suite de la distribution inégale des demi-sections dans les encoches (voir tables 103 à 105).

Inconvénients du bobinage à recouvrement. — Ils résident principalement dans la façon dont les têtes de sections se recouvrent, et de la façon dont les phases se chevauchent. Ce bobinage nécessite un isolement soigneux des têtes de sections qui, par ailleurs, doivent être soigneusement formées, particulièrement quand on change de groupe de phase. Une fois que l'on sait bien former ces parties de l'enroulement, il donnera moins d'ennuis que le bobinage classique à deux couches.

On peut remarquer, sur la figure 326, que la première section est bobinée de base à base et directement sous le ruban qui maintient tous les conducteurs ensemble, se trouve la septième section bobinée de base à base. Ce point de croisement est l'un des points délicats, et les deux sections doivent être bien séparées l'une de l'autre et isolées jusqu'à l'isolant d'encoche.

On voit sur la même figure le début du recouvrement. C'est l'endroit où le premier groupe de sections, bobiné de base à base rencontre le second groupe, bobiné de base à sommet, et où commence le recouvrement.

Nous traiterons, dans ce chapitre et dans le chapitre XXXVII, des points qui doivent être exécutés soigneusement.

Le pas de section régit le nombre de sections par groupe. — Le bobinage à recouvrement se divise en trois groupes, suivant le mode de bobinage des sections, de base à base, de base à sommet, et de sommet à sommet; les sections sont bobinées dans cet ordre. Le pas de section, exprimé en encoches, détermine le nombre de sections dans chaque groupe ainsi que le chevauchement de chaque phase.

Le pas de section exprimé en encoches, soit 8 pour un pas de 1 à 9, représente le nombre de sections bobinées de base à base ainsi que le nombre de sections bobinées de sommet à sommet. Si l'on retranche deux fois la valeur du pas de section exprimé en encoches du nombre total d'encoches, on obtient le nombre de sections moyennes bobinées de base à sommet.

Par exemple, soit un stator à 24 encoches, bobiné avec un pas de 1 à 8, soit 7 encoches. Ce bobinage se divise en trois groupes :

d'abord 7 sections bobinées de base à base, puis les sections moyennes, au nombre de :

$$24 - (2 \times 7) = 10$$

bobinées de base à sommet, puis les 7 dernières sections bobinées au-dessus des autres, en recouvrement. On peut exprimer ce bobinage sous la forme 7 B-B, + 10 B-S + 7 S-S.

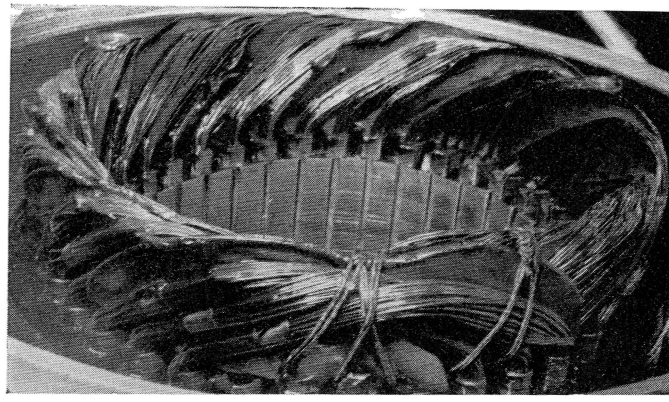


FIG. 326. — Partie inférieure d'un bobinage à recouvrement montrant les sept premières sections bobinées de base à base. Notez l'isolement entre la septième et la huitième section. Vingt-deux sections sont bobinées de base à sommet. Les sept dernières sections sont bobinées de sommet à sommet (voir figure 329).

Le pas de section détermine les points de croisement. — Dans les bobinages à recouvrement, le pas de section détermine les points de croisement, puisque le pas de section détermine le nombre de sections par groupes, et qu'un changement de groupe se traduit par un point de croisement. Par exemple, avec 24 encoches, un pas de 1 à 8, sept sections se trouveront bobinées de base à base, formant ainsi le premier groupe (fig. 326). La septième section sera bobinée de base à base, sa moitié supérieure devant passer au-dessus de la moitié inférieure de la section 1.

Ainsi, la dernière section du premier groupe, ou dernière section bobinée de base à base, doit être soigneusement formée et bobinée à l'endroit où sa moitié supérieure passe au-dessus de la moitié inférieure de la première section mise en place, bobinée de base à base.

Le second groupe, ou groupe moyen est bobiné de base à sommet; il se termine avec la dernière section bobinée de base à sommet, dont la moitié inférieure se trouve dans une encoche immédiatement derrière celle qui contient la moitié supérieure

de la première section bobinée de base à base, figure 328. Cette partie est le point de croisement recouvert par la première section bobinée de sommet à sommet, dans le troisième groupe.

Le troisième groupe, ou groupe de recouvrement commence avec la première section bobinée de sommet à sommet. Ce groupe devrait être séparé des groupes précédents par un isolant, quelle

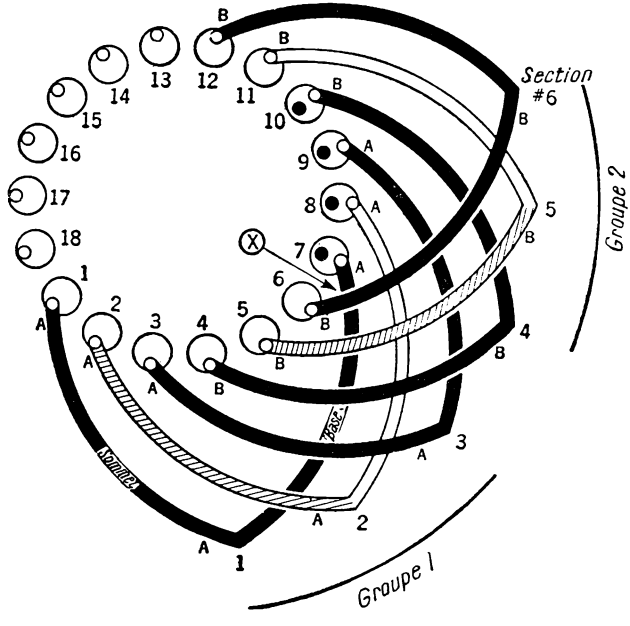


FIG. 327. — Les six premières sections sont bobinées de base à base (moteur bipolaire triphasé, pas de 1 à 7, bobinage à recouvrement, 18 encoches). Six sections sont bobinées de base à base (B-B), six de base à sommet (B-S) et six de sommet à sommet (S-S). X indique le point de croisement volumineux, dans ce, cas entre sections de phases différentes.

que soit la tension d'alimentation du moteur. Cet isolant devrait être placé de telle sorte qu'il recouvre totalement toutes les sections recouvertes, des deux côtés du circuit magnétique.

Ces diverses règles seront traitées plus en détail par la suite, grâce aux schémas de bobinage et aux photographies dans ce chapitre et dans le chapitre suivant.

RECOUVREMENT DES PHASES

Nous donnons les tables 103 à 105 pour montrer comment le pas de section affecte le nombre de sections par groupe et le chevauchement des phases.

La table 103 concerne un moteur bipolaire, triphasé, à 24 encoches; elle donne le nombre de sections par groupes et le chevauchement des phases pour tous les pas possibles. Dans ce cas, un enroulement à pas diamétral ne comporterait que deux

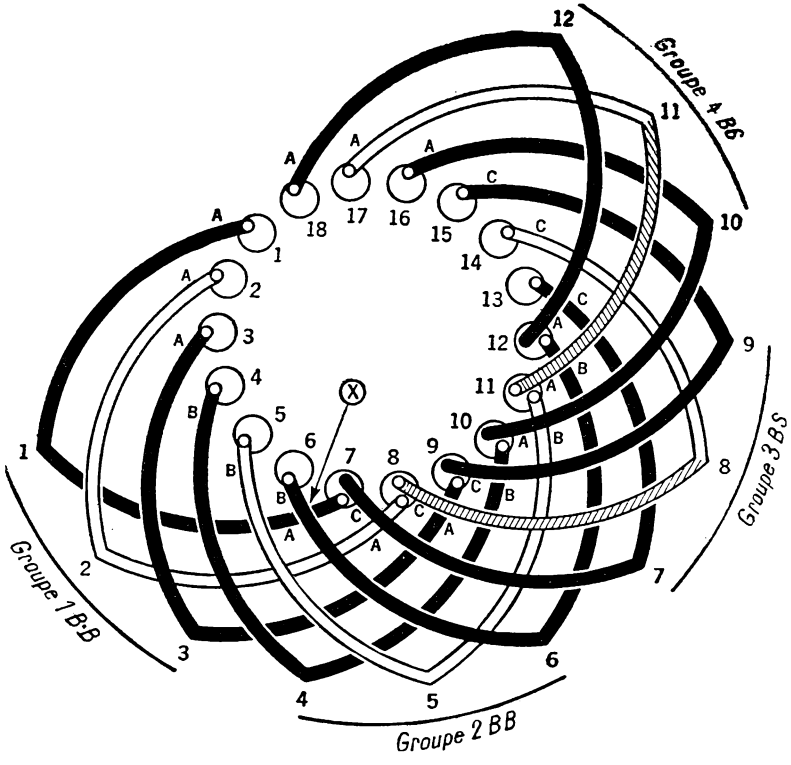


FIG. 328. — Groupes 3 et 4 avec six sections bobinées de base à sommet, remplissant six encoches, soit 7 à 12 inclus. Le sommet de la section 1 est dans l'encoche 1, adjacent à la base de la section 12 dans l'encoche 18, qui marque le début du recouvrement.

groupes. Avec un chevauchement de 12 sections, comme le pas des sections est raccourci, les demi-sections couvrent une plus grande surface.

Ces tables montrent que, avec un grand nombre d'encoches, quel que soit le nombre de pôles, les sections bobinées de base à base et de sommet à sommet deviennent un pourcentage moins important du nombre total des sections.

Il est possible de faire des tables similaires pour un nombre quelconque de pôles, de phases, et d'encoches pour avoir le champ voulu et les caractéristiques désirées.

DONNÉES DE BOBINAGE ET POINTS DE CROISEMENT

Pour illustrer les diverses règles de bobinage et pour montrer les points de croisement, nous donnons les figures 327 à 329, concernant un moteur bipolaire triphasé à 18 encoches, avec un pas de 1 à 7, soit 6 encoches.

Sections de base à base. — Le premier groupe de six sections bobinées de base à base est donné sur la figure 327. Les sections en noir indiquent les sections « de phase », c'est-à-dire la première et la dernière section de chaque groupe. Ce bobinage a trois sections par groupe. Remarquez sur la figure 327 que la moitié supérieure de la section 6 dans l'encoche 6 doit passer au-dessus de la moitié inférieure de la section 1 dans l'encoche 7.

Règle 1. — Le premier point de croisement se trouve à l'endroit où la moitié supérieure de la dernière section de base à base croise la moitié inférieure de la première section de base à base. Ce point doit être soigneusement formé et protégé par un isolement supplémentaire.

Ce point de croisement est représenté entre les encoches 6 et 7, figures 326 et 327. Dans ce cas, le croisement se produit entre des sections des phases A et B.

Règle 2. — Le nombre de sections bobinées de base à base est toujours égal au pas de section exprimé en encoches, et la moitié supérieure de cette section forme le premier point de croisement.

Répartition des sections de base à base par phase. — Elle est fonction du pas de section et du nombre de sections par groupe. Par exemple, sur la figure 327, il y a 18 sections, trois par phase et le pas de section en encoches est de 6; autrement dit, il y a six groupes et 3 sections par groupe. Avec 3 sections par groupe et 6 sections bobinées de base à base, il y aura deux phases, A et B, comportant chaque 3 sections, bobinées de base à base, figure 327. Autrement dit, la disposition est A = 3 B-B, B = 3 B-B.

Règle 3. — La répartition des sections de base à base entre phase est égal au nombre de sections B-B divisé par le nombre de sections par groupe. Si le résultat est égal à 2, les phases A et B en ont un nombre égal. Si le résultat est de 3, les trois phases en ont un nombre égal. Si le résultat est 2 ou 3 et une fraction, comme 2 2/3, etc., le troisième groupe aura deux sections B-B et des sections B-S.

Considérons par exemple un moteur triphasé tétrapolaire ayant 36 encoches, 12 groupes et un pas de section de 1 à 9, avec trois sections par groupe. Il y a huit groupes de sections B-B, soit 8/3 = 2, avec un reste de deux sections B-B. La répartition est alors la suivante : A = 3 B-B, B = 3 B-B et C = 2 B-B + 1 B-S. Le reste, retranché du nombre de sections par groupe donne le nombre de sections B-T dans le groupe mixte. Le nombre entier obtenu lors de la division indique le nombre de groupes composé uniquement de sections B-B.

Donnons un autre exemple, celui d'un moteur tétrapolaire triphasé ayant 72 encoches, 12 groupes, 6 sections par groupe, avec un pas de 1 à 16, soit 15 sections B-B. La répartition donne 15/6 = 2, reste 3. Ainsi, la phase A comporte 6 sections B-B, la phase B 6 sections B-B et la phase C 3 B-B + 3 B-S.

Sections de base à sommet. — Les sections de base à sommet se trouvent dans le second groupe. Sur la figure 328, la septième section est bobinée de base à sommet et commence la deuxième partie du bobinage.

Règle 4. — Le nombre de sections bobinées de base à sommet est égal au nombre total de sections moins deux fois le pas de section exprimé en encoches. La section par laquelle commence la seconde partie a un numéro de série égal au pas de section en encoches plus 1. Sur la figure 328, il y a six sections bobinées de base à base, et la section 7 marque le début de la seconde partie.

Sur la figure 328, nous voyons que, commençant avec la première partie bobinée de base à sommet, une encoche se trouve remplie pour chaque nouvelle section bobinée, et peut ainsi être calée. Sur cette figure, les encoches 7, 8, 9, 10, 11, 12, sont remplies et peuvent par suite être calées.

Règle 5. — Les encoches se remplissent et peuvent être calées dès que l'on commence le groupe de sections de base à sommet, et le nombre d'encoches calées est égal au nombre de sections B-S.

Début du recouvrement. — Le début du recouvrement, ou troisième groupe, est visible quand on a bobiné la dernière section de base à sommet, car la base de cette section se trouve dans l'encoche derrière celle dans laquelle se trouve la moitié supérieure de la première section. On peut voir figure 328 que l'on

remplit alors la dernière encoche vide à moitié, et deux sections se croisent en s'éloignant.

Sur cette même figure, on voit que la section 12 a été bobinée

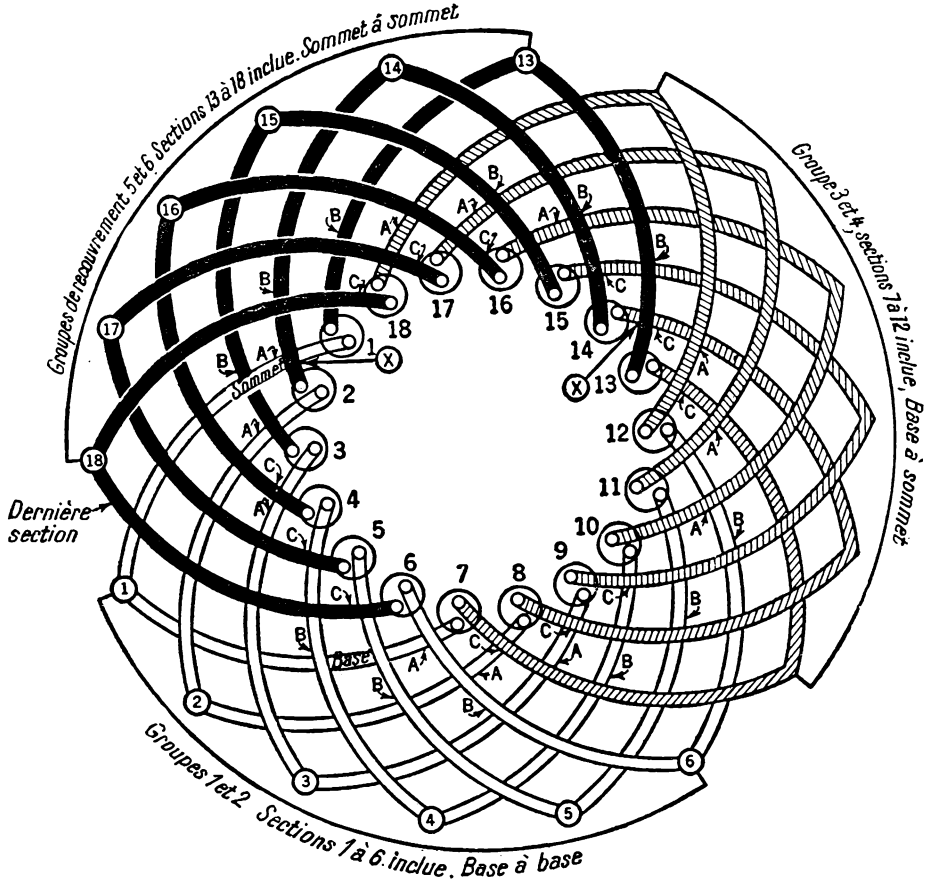


FIG. 329. — Les deux derniers groupes, 5 et 6, bobinés de sommet à sommet, forment le recouvrement. Le bobinage se divise en trois fractions : les groupes 1 et 2, sections 1 à 6, sont bobinés de base à base ; les groupes 3 et 4, sections 7 à 12, sont bobinés de base à sommet ; les groupes 5 et 6, sections 13 à 18, sont bobinés de sommet à sommet et forment le recouvrement. La dernière section, n° 18, est totalement visible.

de base à sommet de l'encoche 18 à l'encoche 12. A ce stade, toutes les sections B-B et B-S sont en place, et toutes les encoches sont pleines ou demi-pleines. Ces encoches demi-pleines devraient être égales en nombre à deux fois le pas de section en encoches.

Règle 6. — La troisième partie, ou partie de recouvrement, commence lorsque la dernière section de base à sommet a été mis en place, dont la moitié supérieure remplit à moitié l'encoche adjacente à l'encoche 1. Il doit y avoir un nombre d'encoches à demi remplies égal à deux fois le pas de section exprimé en encoches.

Deuxième point de croisement. — Le deuxième point de croisement commence lorsque la première section bobinée de sommet à sommet est mise en place, puisque cette section, comme toutes les sections S-S, doit être bobinée sur les sections qui remplissent à moitié des encoches, figure 328.

Croisements avec la première section de sommet à sommet. — Les croisements se produisent avec la première section bobinée de sommet à sommet, comme on peut le voir figure 329, qui va de l'encoche 1 à l'encoche 13. Le croisement se produit quand la première section S-S passe sur la moitié inférieure de la section qui se trouve une encoche plus loin, soit entre les encoches 13 et 14. Ainsi, la première section de sommet à sommet croise les moitiés inférieures d'un nombre de sections égal au pas exprimé en encoches moins un.

Le point critique se trouve, avec la première section S-S au point X, figure 329, entre les encoches 13 et 14. La demi-section inférieure dans l'encoche immédiatement en avant de la première section S-S devrait avoir une forme telle qu'elle laisse passer facilement la première section S-S. De plus, elle doit avoir un isolement supplémentaire des deux côtés.

La moitié inférieure de cette première section S-S croise la section située dans la base de l'encoche, et les deux sections doivent être isolées l'une de l'autre. La même remarque s'applique à la moitié supérieure de la première section S-S. En d'autres termes, il faut isoler la première section S-S des autres sections.

Croisements avec la seconde section de sommet à sommet. — La seconde section de sommet à sommet ainsi que les suivantes aura également deux points de croisement délicats à chaque encoche distante d'un pas. Comme on peut le voir sur la figure 329, où la section 14 croise les deux sections 1 et 9, le point situé sur la section 1 est le plus critique. La fin de la section 1 devrait être formée vers le bas, pour laisser autant de place que possible, et doit être isolée de manière spéciale.

Calage des sections de sommet à sommet. — A ce stade du recouvrement, ou troisième partie, chaque section S-S rem-

plit deux encoches. Il est alors possible de caler deux encoches au lieu d'une après la mise en place d'une section.

La figure 329 montre le recouvrement, ou troisième partie, terminé. Notez que chaque section S-S, à partir de la seconde, croise deux sections dans des encoches adjacentes, en plus des autres têtes de sections.

Isolement du recouvrement. — Pour un moteur alimenté sous 110 volts ou plus, tous les points de recouvrement devraient

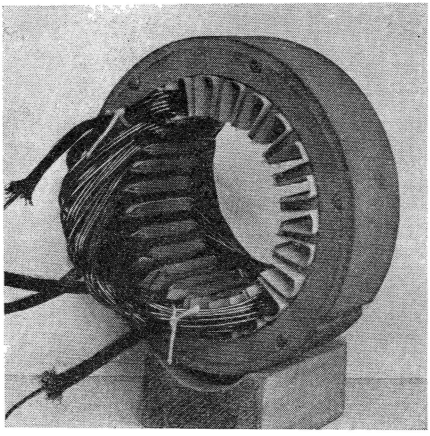


FIG. 330. — Second groupe de quatre sections, parmi lesquelles la section 8 est bobinée de sommet à sommet, ce qui permet de caler l'encoche qui contient sa demi-section supérieure ; sept sections sont bobinées de base à base.

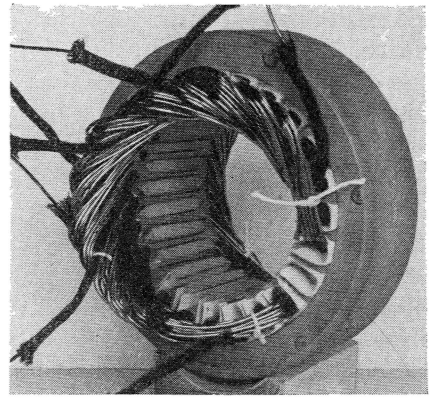


FIG. 331. — Quatrième groupe, sections 13 à 16, bobiné de base à sommet ; il reste une encoche vide entre les sections 1 à 16.

être isolés. Les sections S-S devraient être séparées des autres, et les points critiques doivent avoir la forme voulue, ainsi qu'un isolement particulier. Toutes les sections représentées en noir (13 à 18, figure 329) devraient être soigneusement isolées des sections situées au-dessous.

Recouvrement volumineux. — Il peut y avoir un « grossissement » au point de croisement, car la dernière section (section 18, figure 329) croise également cette région et tend à faire monter le bobinage.

De même, le point où la seconde section de sommet à sommet (section 14, figure 329) croise la première section tend à faire saillie sur les têtes de sections. Ainsi, le bobineur doit bien sur-

veiller ces points, car ils varient avec le pas, le nombre d'encoches, le nombre de pôles et le nombre de phases.

Répartition des sections de base à sommet et de sommet à sommet. — La répartition des sections dans un enroulement à recouvrement dépend de quatre facteurs : (1) le pas de section; (2) le nombre de pôles; (3) le nombre de sections et (4) le nombre de phases. Quand on effectue un essai de surtension avec comparaison, il est bon de connaître auparavant la répartition pour vérifier les variations de tension.

Disposez d'abord les sections en B-B, B-S et S-S. Par exemple, considérez la figure 327, qui concerne un moteur triphasé bipolaire, 18 encoches, pas de 1 à 7. Nous avons six B-B, six B-S et six S-S. Il y a six groupes avec trois sections par groupe. La répartition sera 6/3 = 2 : les deux premiers groupes auront des sections B-B. Si l'on répartit les groupes dans l'ordre, nous aurons 1 = 3 B-B, 2 = 3 B-B.

Nous avons six sections B-S, et 6/3 = 2, soit 1 = 3 B-B, 2 = 3 B-B, 3 = 3 B-S, 4 = 3 B-S. Avec les six sections S-S, nous avons 6/3 = 2, et les groupes seront alors bobinés avec des sections suivant le schéma : 1 = 3 B-B, 2 = 3 B-B, 3 = 3 B-S, 4 = 3 B-S, 5 = 3 S-S, 6 = 3 S-S. Chaque phase, comprenant une bobine sur 4, aura les sections suivantes : phase A, groupes 1 et 4, soit 3 B-B et 3 B-S; phase B, groupes 2 et 5, soit 3 B-B et 3 S-S; phase C, groupes 3 et 6, soit 3 B-S et 3 S-S. On peut écrire sous la forme suivante la disposition ci-dessus :

Phase A = 3 B-B + 3 B-S
Phase B = 3 B-B + 3 S-S
Phase C = 3 B-S + 3 S-S

On voit que la phase B a uniquement des sections B-B et S-S, soit moitiés de sections uniquement en base d'encoches et moitiés de sections uniquement en sommet d'encoches.

Pour donner un autre exemple de répartition des sections considérons la table 105, pour un moteur tétrapolaire, triphasé, 36 encoches, pas de 1 à 9, 12 groupes, 3 sections par pôle. La table 105 montre 8 B-B, 20 B-S et 8 S-S. Avec un moteur tétrapolaire triphasé, donc ayant 12 groupes simples, on a la répartition suivante : 3 B-B, 3 B-B, (2 B-B + 1 B-S), 3 B-S, 3 B-S, 3 B-S, 3 B-S, 3 B-S, 3 B-S, (1 B-S + 2 S-S), 3 S-S, 3 S-S. On peut ainsi disposer cette répartition :

Phase A = 3 B-B, 3 B-S, 3 B-S, (1 B-S + 2 S-S).
Phase B = 3 B-B, 3 B-S, 3 B-S, 3 S-S.
Phase C = (2 B-B + 1 B-S), 3 B-S, 3 B-S, 3 S-S.

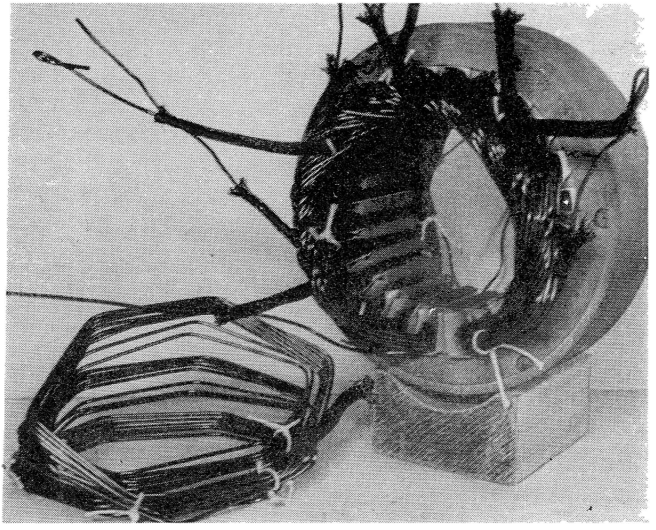


FIG. 332. — Première section du groupe 5 : c'est la dernière bobinée de base à sommet ; les sections suivantes sont bobinées de sommet à sommet. On commence ainsi le recouvrement.

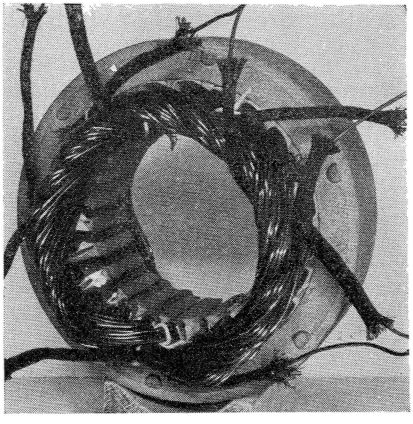


FIG. 333. — Les trois dernières sections du groupe 5 sont bobinées de sommet à sommet et calées des deux côtés.

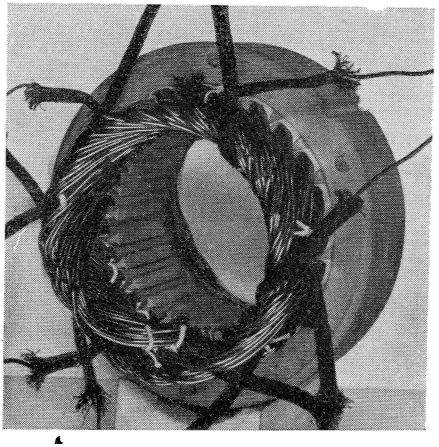


FIG. 334. — Le dernier groupe, sections 21 à 24, est bobiné de sommet à sommet, ce qui termine le bobinage, dont les sept dernières sections constituent le recouvrement.

Dans ce cas, une phase a six sections de base à sommet; les deux autres ont sept sections de base à sommet. Ainsi, on voit qu'avec un plus grand nombre de sections, la répartition inégale des trois types de sections devient moins marquée.

Les tables 103 à 105 et les données précédentes permettront à chacun d'établir ses répartitions quel que soit le moteur.

BOBINAGE A RECOUVREMENT A SECTIONS EN LOSANGE

Les quatre schémas, figures 330 à 333, montrent huit stades de la mise en place d'un bobinage à recouvrement à sections en losange, pour un moteur bipolaire, triphasé, 24 encoches, pas de 1 à 8, 6 groupes, 4 sections par groupe, les sections étant 7 B-B, 10 B-S, 7 S-S.

Sur la figure 330, on voit le premier groupe de quatre sections, bobiné de base à base, et l'emplacement du rotor reste vide. Le bobineur devrait former vers le bas les moitiés inférieures de ces sections, pour laisser le passage des trois sections suivantes, et plus spécialement de la section 7.

La même figure montre le second groupe de quatre sections, la moitié supérieure de la section 8 ayant été calée. Quand la section 7 a été bobinée, on a trouvé le premier point de croisement délicat, car la moitié supérieure de cette section croise la moitié inférieure de la section 1. La section 8 est bobinée de base à sommet.

Sur la figure 331, on voit le troisième groupe mis en place : quatre autres sections sont bobinées de base à sommet. Toutes les encoches remplies ont été calées.

La même figure montre le quatrième groupe de quatre sections bobiné de base à sommet; on a donc 16 sections en place, 7 B-B et 9 B-S. Dans ce cas, la dernière encoche vide indique que l'on approche du troisième stade, celui du recouvrement par les sections de sommet à sommet; la section suivante, première du groupe 5, est la dernière à être bobinée de base à sommet.

Dernière section de base à sommet. — La dernière section de base à sommet est représentée figure 322. On achève ainsi le second stade, puisque toutes les encoches restantes sont remplies ou à demi remplies, et la dernière section de base à sommet est dans l'encoche adjacente à l'encoche qui renferme la pre-

mière section du premier groupe. Notez, figure 328, combien les têtes de sections sont éloignées les unes des autres.

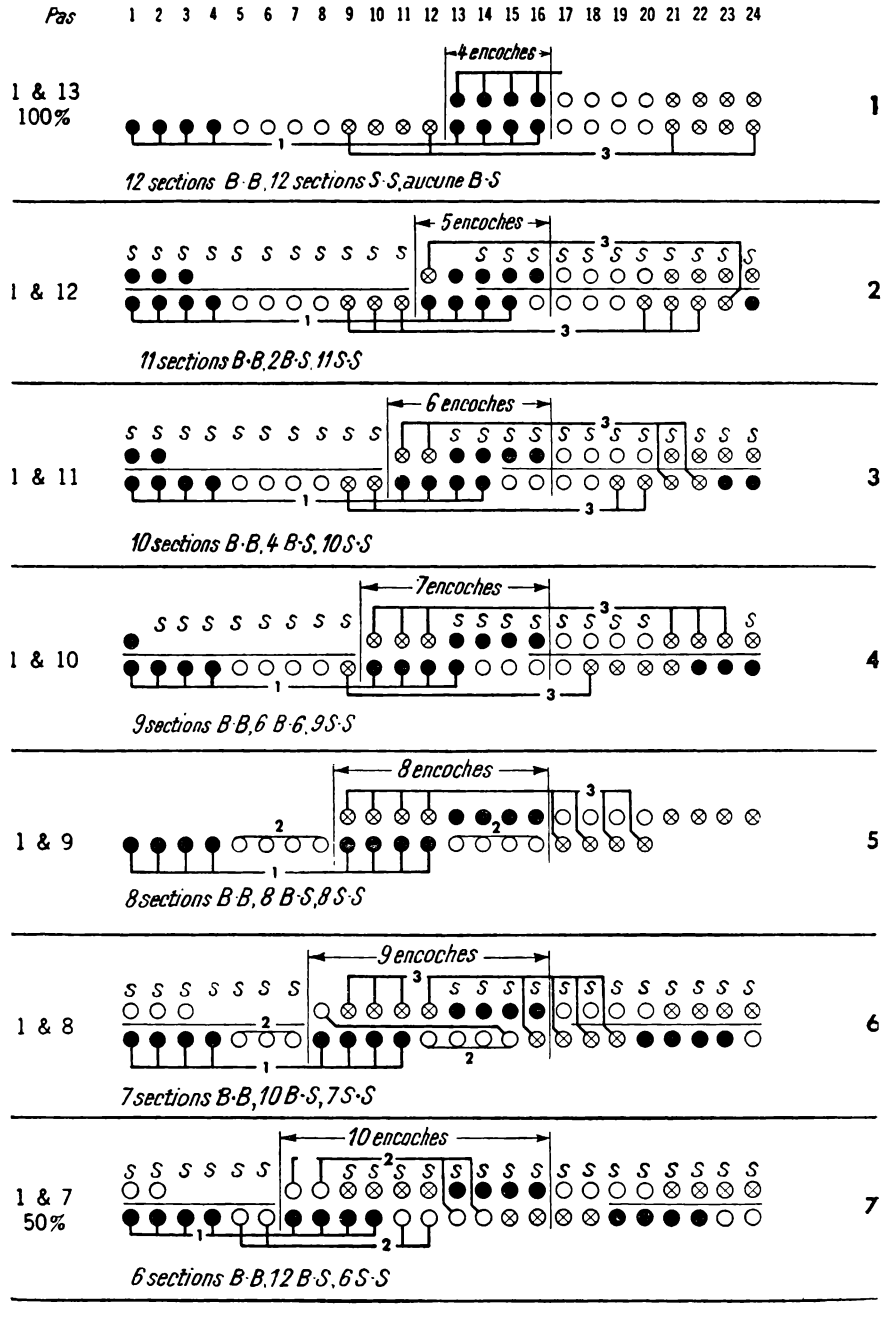
Les figures 328 et 332 montrent comment identifier le commencement du recouvrement. Ce passage d'un stade à un autre peut se produire sur un groupe, comme sur la figure 332, ou à la fin d'un groupe, comme sur la figure 328. De toute façon, il y a toujours les deux caractéristiques propres à ce bobinage.

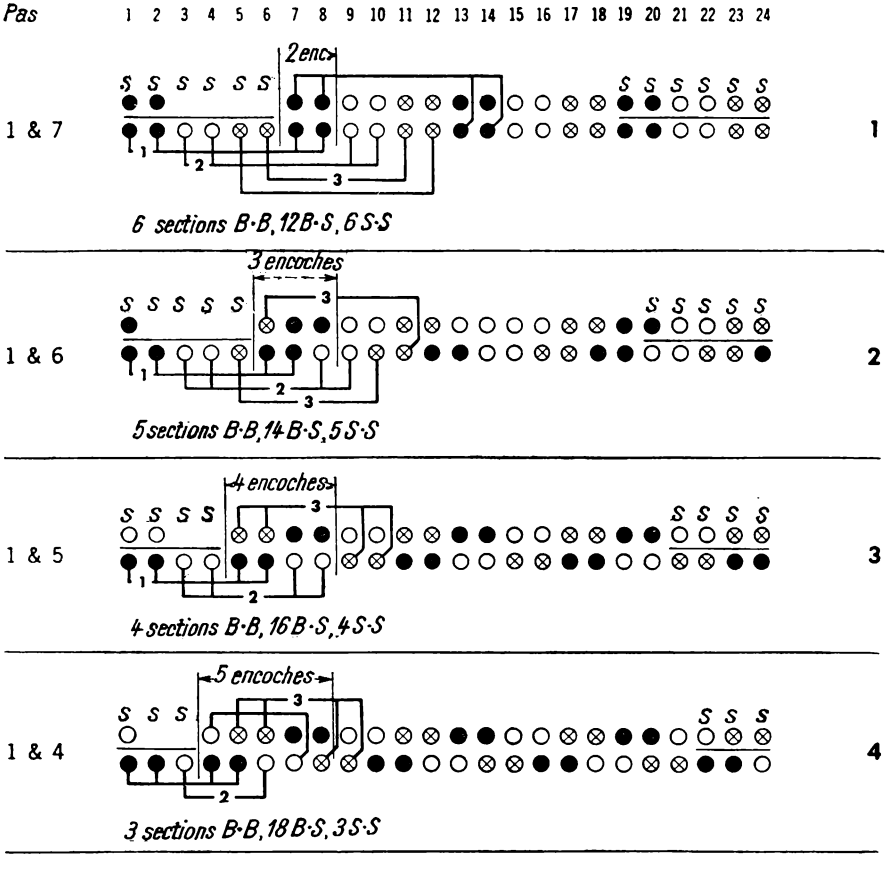
Début du recouvrement. — Le début du recouvrement est représenté sur la figure 333, où l'on voit les trois dernières sections du cinquième groupe bobinées de sommet à sommet. Notez la forme des têtes de section devant les encoches moitié remplies, au centre du groupe 5. Cette partie du bobinage doit être formée soigneusement pour que les têtes de section se trouvent à un niveau inférieur à celui du stator, etc.

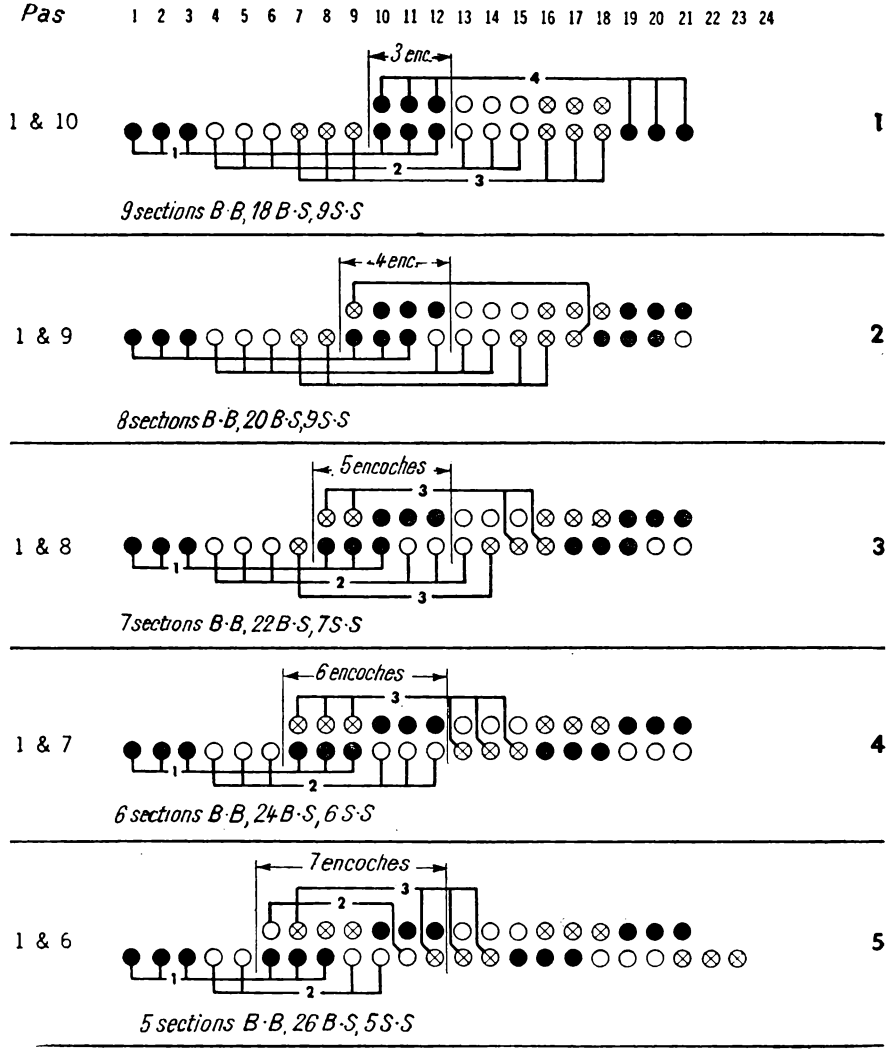
Fin de recouvrement. — On le voit sur la figure 334, avec le sixième groupe, bobiné de sommet à sommet : il y a donc sept sections bobinées de sommet à sommet, qui constituent le groupe de recouvrement.

La figure 334 montre le côté avant du bobinage avec sections en losange, et la dernière section est totalement visible. Ce bobinage est un bobinage pour basse tension, en fil émaillé, ce qui permet de ne pas utiliser de renforcements dans l'isolement des sections entre elles. En réalité, un essai de claquage a montré, sur plusieurs essais, que la valeur moyenne de claquage était de 6.500 volts, ce qui montre l'excellente qualité de ce fil.

Le chapitre suivant décrit un bobinage à recouvrement avec sections semi-circulaires, exécuté en fil traité aux silicones.


Pas
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
1 & 13
100%
4 encoches
1
3
12 sections B·B, 12 sections S·S, aucune B·S
1 & 12
5 encoches
2
11 sections B·B, 2 B·S, 11 S·S
1 & 11
6 encoches
3
10 sections B·B, 4 B·S, 10 S·S
1 & 10
7 encoches
4
9 sections B·B, 6 B·6, 9 S·S
1 & 9
8 encoches
5
8 sections B·B, 8 B·S, 8 S·S
1 & 8
9 encoches
6
7 sections B·B, 10 B·S, 7 S·S
1 & 7
50%
10 encoches
7
6 sections B·B, 12 B·S, 6 S·S


Pas
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
2 enc.
1 & 7
1
6 sections B·B, 12B·S, 6S·S
3 encoches
1 & 6
2
5 sections B·B, 14B·S, 5S·S
4 encoches
1 & 5
3
4 sections B·B, 16B·S, 4S·S
5 encoches
1 & 4
4
3 sections B·B, 18B·S, 3S·S


Pas
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
1 & 10
3 enc.
4
1
2
3
1
9 sections B·B, 18 B·S, 9 S·S
1 & 9
4 enc.
2
8 sections B·B, 20 B·S, 9 S·S
1 & 8
5 encoches
3
1
2
3
3
7 sections B·B, 22 B·S, 7 S·S
1 & 7
6 encoches
3
1
2
4
6 sections B·B, 24 B·S, 6 S·S
1 & 6
7 encoches
3
2
1
2
5
5 sections B·B, 26 B·S, 5 S·S

CHAPITRE XXXVII

BOBINAGE A RECOUVREMENT A SECTIONS SEMI-CIRCULAIRES, EN CONDUCTEUR ISOLÉ AUX SILICONES

Le bobinage décrit dans ce chapitre présente de nombreux points d'intérêt pour le réparateur. Ce chapitre montre, parmi quelques autres choses, comment on met en place un bobinage à sections semi-circulaires à recouvrement, comment on peut transformer un moteur isolé classe A en un moteur résistant aux températures élevées, isolé aux silicones, et comment on peut établir une cale économique résistant aux températures élevées.

Passage d'un bobinage classe A à un bobinage silicone. — Le bobinage original était constitué par du fil de 1 mm de diamètre, isolé de l'inducteur par du papier imprégné de 0,36 mm d'épaisseur, calé par des cales rondes en bois. Les conducteurs d'amenée de courant étaient de la classe A, ainsi que le vernis d'imprégnation.

La durée d'un tel bobinage était de 2 ans 1/2, le nombre de moteurs à rebobiner allant de 800 à 1.400 par mois. Il a semblé intéressant de rebobiner ce moteur aux silicones. Un moteur rebobiné a tourné à 760° C, et il pouvait toujours fonctionner après refroidissement, mais tout le vernis avait disparu du fil isolé au verre imprégné de silicones, ainsi que des autres isolants au verre imprégné.

Isolants aux silicones. — Le rebobinage aux silicones a demandé un fil isolé au verre imprégné aux silicones de même diamètre, six spires par section, avec du tissu de fibre de verre isolé aux silicones et du mica imprégné de silicones pour isoler les encoches; les conducteurs d'amenée de courant étaient également isolés au verre imprégné et les sections étaient attachées par des fils de verre. Tous les bobinages furent imprégnés de vernis aux silicones. Toutes les connexions internes furent effectuées avec les dispositifs sans soudures de la Marine américaine.

Cales de verres. — Elles furent constituées par des tiges de verre dont les extrémités furent arrondies par chauffage. Le bobinage classe A utilisait des cales en bois de 2,9 mm de diamètre et de 73 mm de long. Des recherches préliminaires montrèrent que des cales en mica spécial étaient coûteuses. Un verrier accepta de fournir des tiges de verre de 2,9 à 3 mm de diamètre, à extrémités arrondies et de 73 mm de long à un prix légèrement inférieur au prix des cales en bois.

On a utilisé sans ennuis plus de 150.000 de ces cales en verre, qui ne se sont jamais cassées, soit au bobinage, soit en service. Ainsi, on voit que pour une fabrication en série, il est bon de chercher à utiliser des cales en verre.

ISOLEMENT DES TÊTES SEMI-CIRCULAIRES

Les données suivantes montrent comment on peut utiliser des sections semi-circulaires aplaties dans un bobinage à recouvrement. Le bobinage considéré utilise des matériaux aux silicones, avec des cales en verre et mica plié. Ce bobinage était celui d'un moteur 42 volts, bipolaire, triphasé, 24 encoches et sections, six groupes de 4 sections chaque, six spires de fil de 1 mm, pas de 1 à 9, monté en étoile série; les sections se répartissent alors : 8 B-B, 8 B-S, 8 S-S. Il fallait dans ce cas que les conducteurs sortent par les petites fentes du stator marquées X sur les photographies et les schémas. Il en résultait que le premier groupe devait être commencé dans une encoche déterminée.

Début du bobinage. — Le circuit magnétique a été marqué comme on le voit figure 335, l'encoche 10 se trouvant au-dessus d'une des fentes de sortie; tous les isolants d'encoche ont été mis en place. La section 1 du premier groupe est bobinée de base à base dans les encoches 1 et 9, avec une forme telle qu'elle laisse libre les encoches 2 et 8. Notez le fil passant de la section 1 à la section 2. Le premier conducteur du groupe dans l'encoche 9, à la base, est marqué B_1.

Mise en place des sections par groupe. — Toutes les sections sont bobinées sans couper le fil; toutes les sections par groupes alimentés par la même phase sont bobinées en série, chaque groupe ayant deux conducteurs. Il est important que tous les groupes soient installés de la même manière. Comme il y a deux méthodes générales de bobinage des sections d'un groupe, la position des conducteurs d'amenée de courant est fonction du

mode de bobinage utilisé ainsi que par la façon dont chaque pôle est commencé, comme nous l'expliquerons par la suite.

Groupe commencant à droite. — Avec ce mode de bobinage, le fil de départ se trouve à droite du gabarit et le groupe est bobiné

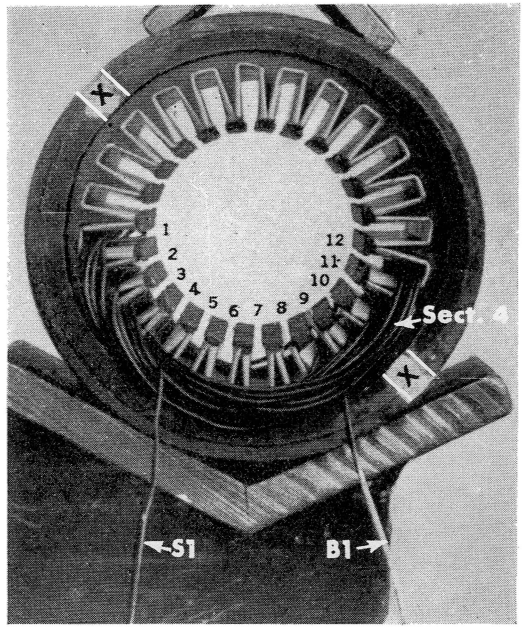


FIG. 335. — Premier groupe de quatre sections. Toutes sont bobinées de base à base, aucune section n'est partiellement mise en place. Notez comment les têtes de sections laissent les encoches dégagées. Le conducteur B_1 vient de l'encoche 9 et le conducteur S_1 de l'encoche 4.

de droite à gauche, ce qui met le fil venant du dévidoir à gauche. Le conducteur allant d'une section à l'autre va du sommet arrière au sommet avant, croisant vers la gauche.

Un bobinage à recouvrement avec groupe allant vers la droite doit débuter avec le conducteur d'entrée au sommet de l'encoche, c'est-à-dire que les sections d'un groupe sont disposées avec leur conducteur de sortie à gauche, en face du conducteur de sortie du groupe et à la base de la pile de sections formant le groupe, comme on peut le voir figure 330. Cette disposition des sections permet au conducteur allant d'une section à l'autre de suivre le mouvement de bobinage des sections.

Ainsi, pour des groupes commençant leur bobinage par la

droite, bobinez les sections sur l'inducteur avec le conducteur de départ d'une section simple à droite et au sommet de la suite des sections d'un groupe, puis passez d'une section simple à l'autre de droite à gauche, comme le groupe est bobiné.

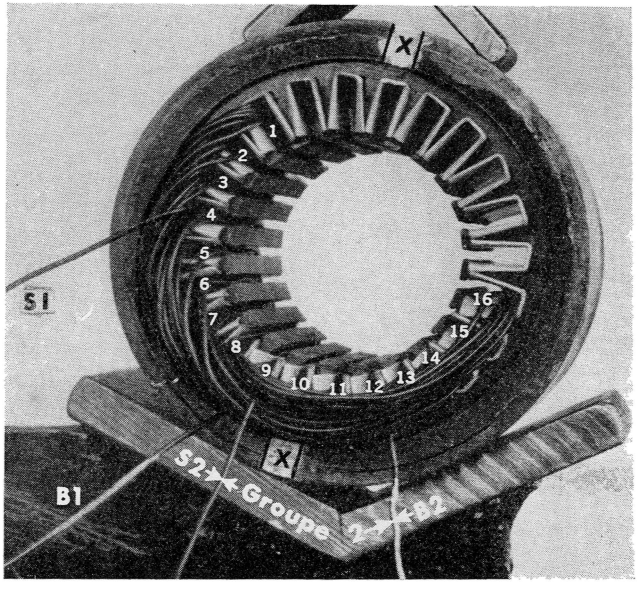


FIG. 336. — Second groupe de quatre sections bobinées de base à base (nº 5, 6, 7 et 8). A ce stade, huit sections ont été bobinées de base à base ; 16 encoches, de 1 à 16, sont à demi-remplies, et 8, de 17 à 24, sont vides. Le conducteur B_2 se trouve dans l'encoche 13 et S_2 dans l'encoche 8.

On peut également disposer un groupe de section commençant par la droite en mettant le conducteur d'entrée à gauche et à la base des sections mais, dans ce cas, le conducteur allant d'une section à l'autre part de la base d'une section pour aller au sommet de la suivante.

Groupe commencant à gauche. — Dans ce cas, la première section simple du groupe commence sur la gauche, et les sections simples suivantes sont bobinées de gauche à droite, avec le conducteur allant d'une section à l'autre passant du sommet arrière d'une section au sommet avant de la suivante, en traversant vers la droite.

Un bobinage à recouvrement avec des groupes commençant à gauche devrait avoir tous ses groupes disposés de telle sorte que

les conducteurs de départ se trouvent à droite et à la base de la suite de sections simples, comme on peut le voir figure 335, les sections simples étant décalées vers la droite.

Il est également possible de commencer les sections commençant à gauche avec leur conducteur d'entrée à gauche et en haut, mais dans ce cas, on trouve encore des conducteurs

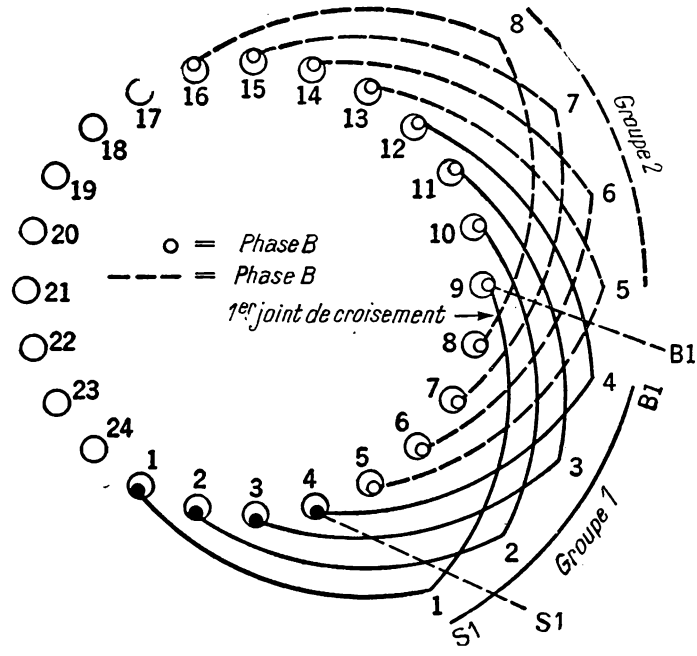


FIG. 337. — Le second groupe de quatre sections est bobiné de base à base dans les encoches 5 à 13, 6 à 14, 7 à 15 et 8 à 16. Ainsi, huit sections ont été bobinées de base à base, le premier point de croisement se trouvant entre le sommet de la section 8 et le sommet de la section 1.

allant d'une section à l'autre de la partie inférieure d'une section à la partie inférieure de l'autre.

Identification des conducteurs. — Bien qu'un bobineur arrive rapidement à reconnaître les conducteurs d'entrée et de sortie de chaque pôle, il sera plus facile de les identifier si l'on utilise des gaines de couleurs différentes, soit en coton, soit en toile huilée, par exemple rouge sur tous les conducteurs d'entrée et noir sur tous les conducteurs de sortie, etc. On évite ainsi les erreurs dans le repérage des groupes sur le stator, et de même les connexions sont exécutées plus rapidement.

On voit qu'avec une méthode de bobinage standard, tous les conducteurs d'entrée se trouvant à droite ou à gauche, il est possible de disposer les sections d'une manière standard. On arrive ainsi à standardiser totalement le bobinage.

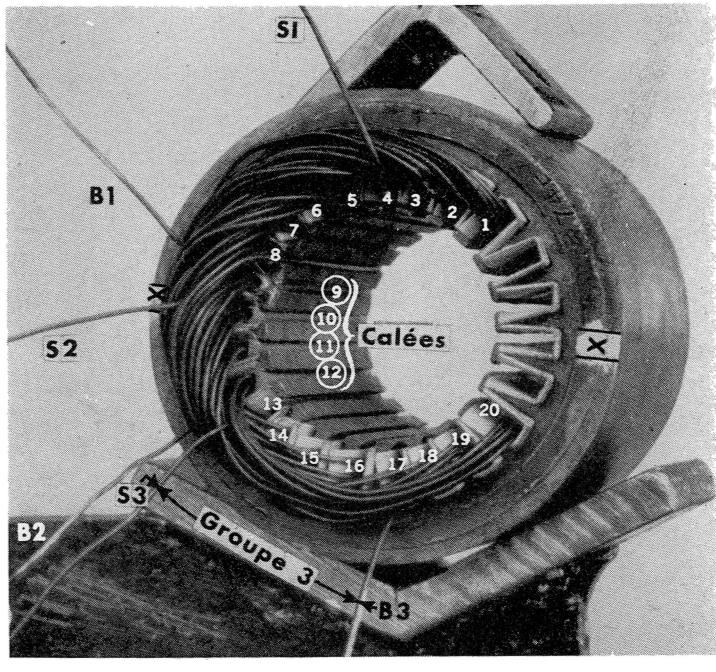


FIG. 338. — Le groupe 3, soit les sections 9, 10, 11 et 12, est bobiné de base à sommet, les encoches 9 à 12, remplies, peuvent être calées. Le conducteur B_3 se trouve à la base de l'encoche 17 et S_3 au sommet de l'encoche 12. Il reste quatre encoches vides, de 21 à 24. On a ainsi bobiné trois groupes, soit 12 sections ; la moitié du bobinage est terminée.

SCHÉMAS DE BOBINAGE

Nous donnons, avec ce bobinage, trois schémas de bobinage et un schéma de connexions, une suite de photographies qui montrent les différents stades du bobinage ainsi que la façon de relier les différents groupes en étoile-série. Sur la figure 335, on voit le premier groupe de quatre sections en place, la base de la section 2 dans l'encoche 10 se trouvant sous la fente X du circuit magnétique.

Achèvement du groupe I. — On voit sur la figure 335 la seconde section du groupe 1 bobinée de base à base dans les

encoches 2 et 10, c'est-à-dire que la section 2 est décalée vers la droite; la fin de cette section est également formée pour laisser le passage libre dans les encoches intermédiaires. Sur la figure 335, les quatre sections du groupe 1 sont bobinées de base à base, avec le conducteur de sortie T_1 dans l'encoche 4; sur la figure 337, les lignes pointillées montrent comment sont sortis

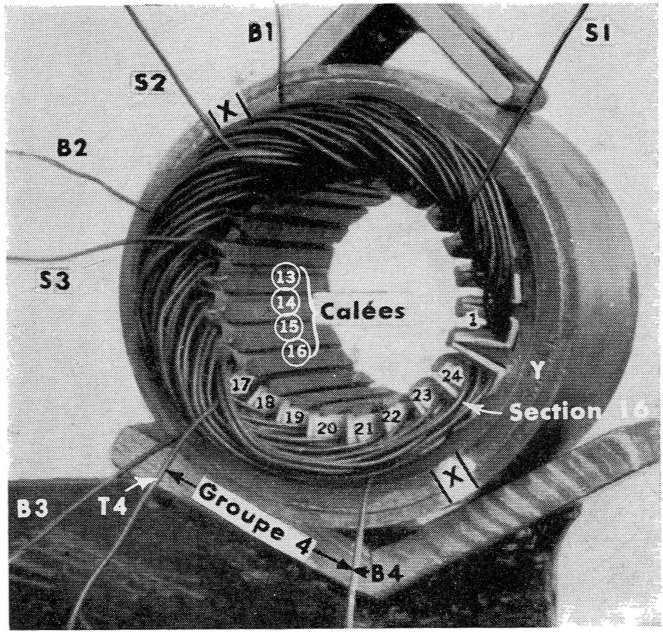


FIG. 339. — Le quatrième groupe de quatre sections, 13, 14, 15 et 16 est bobiné de base à sommet ; il remplit les encoches 13 à 16, qui peuvent être calées. Le conducteur B_4 se trouve à la base de l'encoche 21 et S_4 au sommet de l'encoche 16. En Y, entre les encoches 24 et 1, se terminent les dernières demi-sections disposées dans les bases d'encoches. C'est en ce point que débute le recouvrement, toutes les autres sections devant être encore bobinées le sont de sommet à sommet.

les conducteurs T_1 et B_1, comme représenté figure 335. La ligne qui, sur la figure 337, indique le groupe, aura le conducteur T_1 à gauche et B_1 à droite.

Achèvement du groupe 2. — La section 1 du groupe 2 est bobinée de base à base dans les encoches 5 et 13, avec le conducteur d'entrée B_2 à droite, dans l'encoche 13, comme indiqué figure 336; il reste alors les encoches 6, 7 et 8 vides, et il faut qu'elles soient laissées libres par les sections précédemment mises en place. Sur la figure 336, le second groupe de quatre sec-

tions a été bobiné de base à base, la section 8 formant le premier croisement quand sa moitié supérieure traverse la moitié inférieure de la section 1.

Le schéma de bobinage, figure 337, montre les deux groupes,

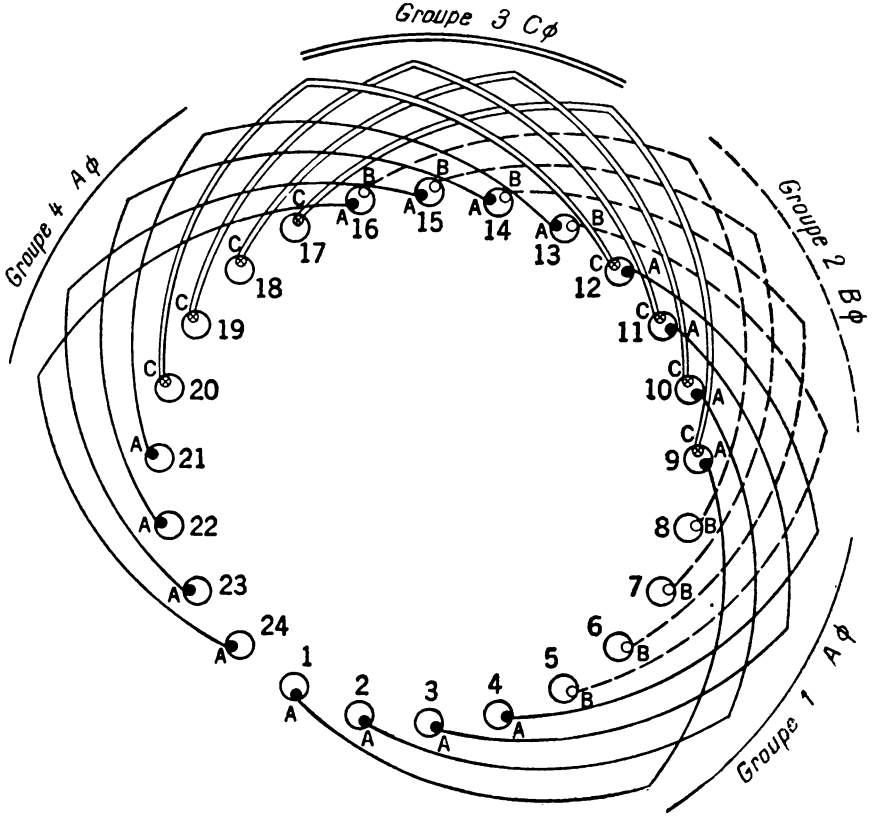


FIG. 340. — Le groupe 4, de quatre sections, est bobiné de base à sommet dans les encoches 21 à 13, 22 à 14, 23 à 15 et 24 à 16. Notez que la dernière section du groupe 4 se termine dans l'encoche adjacente à la première section du groupe 1. En X, on voit que huit encoches sont remplies et calées, tandis que seize encoches sont à demi-remplies. A ce stade, il y a huit sections bobinées de base à base et huit bobinées de base à sommet.

soit huit sections, toutes bobinées de base à base. A ce stade, il y a 8 encoches vides et 16 encoches à demi-remplies.

Bobinage du groupe 3. — La section 9, par laquelle commence le groupe 3, est la première section bobinée de base à sommet dans les encoches 9 à 17, avec son conducteur d'entrée

B_3 à la base de l'encoche 17. La moitié supérieure de cette section remplit l'encoche 7, qui peut, comme on peut le voir, être calée.

On voit sur la figure 338, les quatre sections n^{os} 9, 10, 11, 12, du

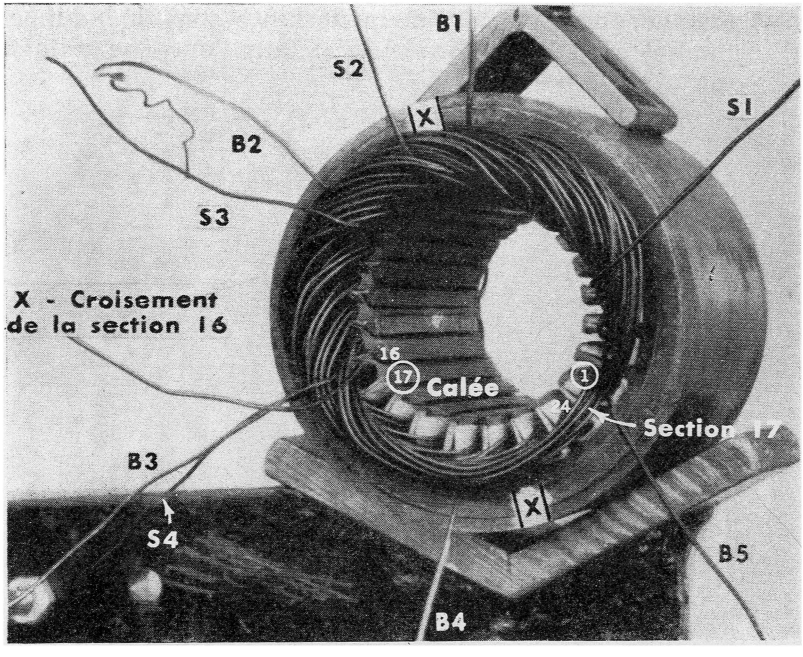


FIG. 341. — La section 17 marque le début du cinquième groupe ; elle est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 1 à 17, ce qui permet de caler l'encoche 17. Le conducteur B_5 sort du sommet de l'encoche 1. Les deux encoches 1 et 17 sont pleines et calées. Cette section est la première du recouvrement ; c'est ici que se trouverait la première section partiellement mise en place dans un bobinage normal.

groupe 3, bobinées de base à sommet, avec le conducteur T_2 au sommet de l'encoche 12; quatre encoches peuvent être calées.

Le schéma de bobinage de la figure 340 montre les 12 sections des trois premiers groupes en place. Les lettres CA dans les encoches 9 à 12 montrent le recouvrement des phases avec un pas de 1 à 9, dans le cas d'un moteur triphasé bipolaire à 24 encoches.

Bobinage du groupe 4. — Les quatre sections du quatrième groupe sont représentées sur la figure 339; elles sont toutes bobinées de base à sommet, avec le conducteur B_4 à la base de l'encoche 21, et le conducteur T_4 au sommet de l'encoche 16; quatre encoches sont calées. A ce stade, huit sections ont été bobinées

de base à sommet, et la dernière section du groupe 4 se trouve dans l'encoche adjacente à celle dans laquelle se trouve la première du groupe 1.

Le schéma de bobinage de la figure 340 montre le recouvrement des phases. Les quatre groupes ainsi mis en place ne laissent aucune encoche vide, et la dernière section bobinée de base à sommet a sa moitié inférieure dans l'encoche adjacente

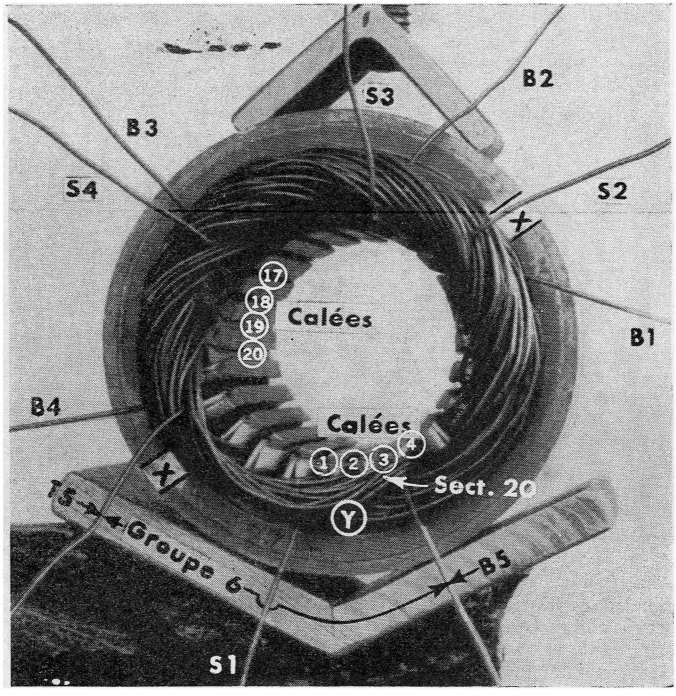


FIG. 342. — La section 20 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 4 à 20. Elle termine le groupe 5. Le conducteur B_5 se trouve au centre de l'encoche 1, et S_5 au sommet de l'encoche 20. Notez le recouvrement en Y.

à l'encoche 1, dans laquelle se trouve la moitié supérieure de la première section bobinée de base à base. Les têtes de sections s'éloignent les unes des autres, figures 339 et 340.

Début du recouvrement. — Il peut commencer à la fin d'un groupe ou dans un groupe, suivant le nombre d'encoches, le pas de section, le nombre de phases et de pôles. Quand le nombre de sections bobinées de base à base ou de sommet à sommet, divisé

par le nombre de sections par groupe, donne un nombre entier, le recouvrement commence à la fin d'un groupe.

On voit sur les figures 339 et 340 que l'on a huit sections bobinées de base à base ainsi que de sommet à sommet, et quatre

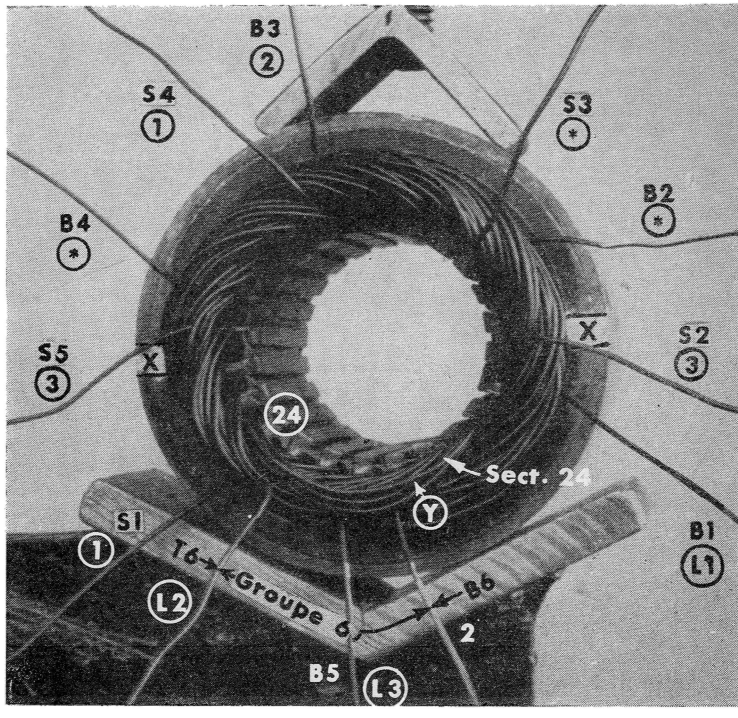


FIG. 343. — La section 24 est bobinée de sommet à sommet dans les encoches 8 à 24 ; elle termine le groupe 6 et le bobinage. Les conducteurs B_6 et S_6 sortent respectivement de l'encoche 5 et du sommet de l'encoche 24. Notez le recouvrement de la dernière et de la première section en Y. Les lettres et nombres dans les petits cercles sont les mêmes qui sont utilisés sur le schéma de connexions (fig. 345), en étoile-série.

sections par groupe. Par suite, comme $8/4 = 2$, le recouvrement commence avec un groupe.

Par suite, le résultat de la division du nombre de sections bobinées de base à base ou de sommet à sommet par le nombre de sections par groupe indique également le nombre de groupes ou de groupes plus les sections simples nécessaires pour former le recouvrement. Sur la figure 340, on voit qu'il faut deux groupes, soit huit sections, dans la partie qui compose le recouvrement.

Considérons un moteur tétrapolaire triphasé, ayant 72 encoches. Il y a 12 groupes de six sections chaque. On peut alors calculer, pour chaque pas de section, les sections bobinées de base à base, de base à sommet et de sommet à sommet, ainsi que le recouvrement :

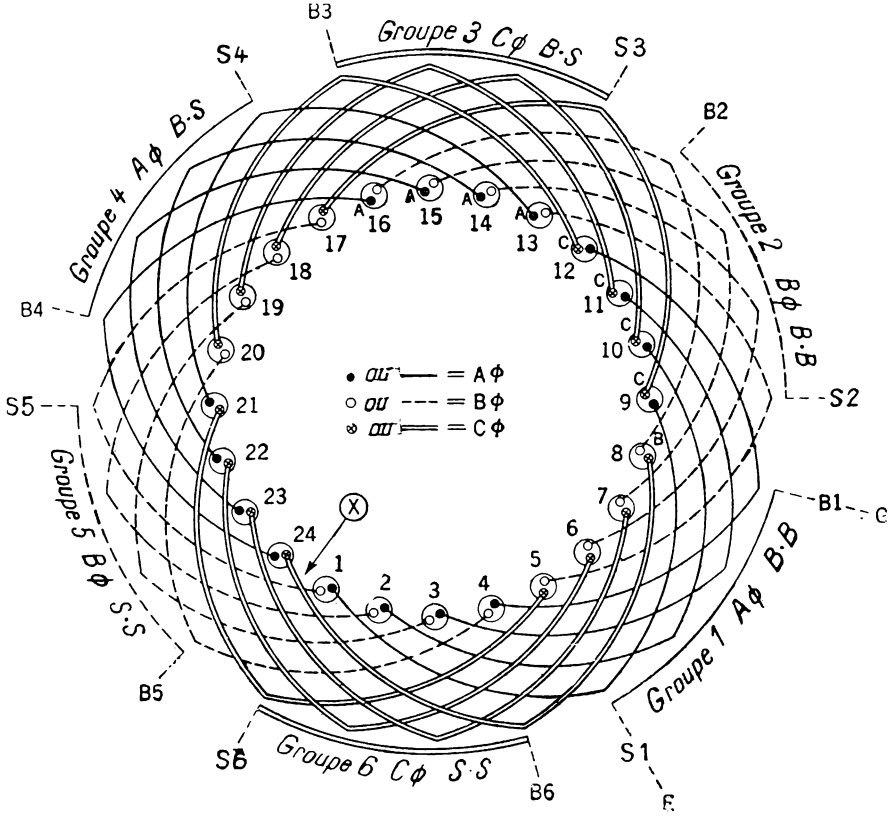


FIG. 344. — Le groupe 6, qui est le dernier, a ses quatre sections bobinées de sommet à sommet, dans les encoches 21 à 5, 22 à 6, 23 à 7 et 24 à 8. Les huit dernières sections, groupes 5 et 6, forment le recouvrement, qui commence en X, entre les encoches 24 et 1. Les deux demi-sections de la dernière section sont visibles au sommet du bobinage.

1 à 19 = 18 B-B, 36 B-S, 18 S-S 18/6 = 3 groupes en recouvrement.

1 à 18 = 17 B-B, 38 B-S, 17 S-S 17/6 = 2 + 5 sections en recouvrement.

1 à 17 = 16 B-B, 40 B-S, 16 S-S 16/6 = 2 + 4 sections en recouvrement.

1 à 16 = 15 B-B, 42 B-S, 15 S-S 15/6 = 2 + 3 sections en recouvrement.

Ce simple calcul montre combien d'encoches restent à demi remplies pour disposer les sections en recouvrement de n'importe quel bobinage. Leur nombre sera toujours égal à deux fois

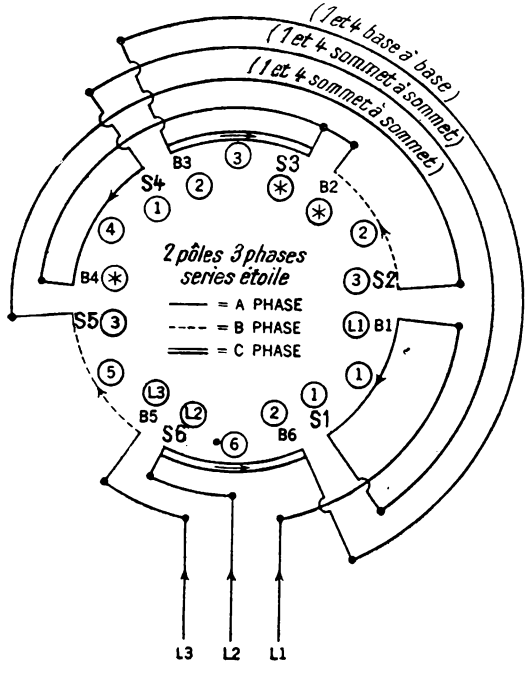


FIG. 345. — Les conducteurs de sommet, S_1 à S_6, sont marqués 5S sur la figure 343. Les conducteurs de base, B_1 à B_6 sont ceux marqués fin sur la figure 343. L_1 est B_1, base du groupe 1, L_2 est S_6, sommet du groupe 6, L_3 est B_5, base du groupe 5, B_2, S_3 et B_4, des groupes 2, 3 et 4 sont les conducteurs du centre de l'étoile. Par suite, S_1-S_4, B_6-B_3, S_5-S_2 sont les trois ponts de mise en série des groupes 1 et 4, 3 et 6, 2 et 5.

le nombre de sections bobinées de sommet à sommet. Sur les figures 339 et 340, nous avons huit sections bobinées de sommet à sommet, et il devrait y avoir $8 \times 2 = 16$ encoches à demi remplies pour les sections de recouvrement. Cette remarque est importante car, avec les sections de recouvrement, nous trouvons un autre point de croisement, comme nous l'indiquerons dans les schémas et photographies suivants.

Première section du recouvrement. — La première section de recouvrement, figure 341, est la section 17, soit la première du cinquième groupe, bobinée de sommet à sommet dans

les encoches 17 et 24 qu'elle remplit. Notez que la moitié inférieure de cette section recouvre le sommet de la section 1 dans l'encoche 1 et qu'elle ferme l'espace libre des figures 339 et 340. Le point de croisement se trouve dans l'encoche 1, c'est-à-dire là où la moitié inférieure de la première section de recouvrement vient prendre place sur la moitié supérieure de la première section, dans la même encoche. La moitié supérieure de la première section de recouvrement se trouve dans la moitié supérieure de l'encoche 17, et forme ainsi un autre point de croisement. Il en résulte que toutes les sections bobinées de sommet à sommet doivent être soigneusement séparées des sections précédemment mises en place, y compris dans les encoches.

Fin du groupe 5. — On voit que les quatre sections du groupe 5 ont été bobinées sur la figure 342, et que huit encoches ont été calées. Notez la manière dont le conducteur B_5 passe par dessus la première couche de sections B-B; les conducteurs et les têtes de section, dans le cas d'un moteur alimenté sous plus de 110 volts, doivent être soigneusemnt isolés les uns des autres.

Le schéma, figure 344, montre les quatre premières sections du recouvrement bobinées de sommet à sommet dans les encoches 17, 18, 19 et 20, ainsi que dans les encoches 1, 2, 3 et 4.

Fin du recouvrement. — Dans ce cas, les quatre sections du dernier groupe, n° 6, achèvent le recouvrement; ce sont les sections 21, 22, 23 et 24, bobinées de sommet à sommet, et qui achèvent le remplissage des encoches, figure 343. Notez que la section 24 achève le recouvrement et que l'on peut la voir des deux côtés de l'induit. On a laissé visible les 12 conducteurs et, à moins que l'on utilise un mode de repérage, il faudra sonner chaque groupe avant de faire les connexions.

La figure 344 montre toutes les sections en place, et les lignes EG, groupe 1, sortant de chaque groupe, montrent comment on trace le schéma de connexion.

Recouvrement vu de l'avant. — On le voit figure 343, sur laquelle les groupes 5 et 6 commencent et finissent le recouvrement.

CONNEXION D'UN BOBINAGE A RECOUVREMENT

Les bobinages à recouvrement sont groupés et connectés de la même manière que les autres stators bi et triphasés, la seule

différence résidant dans le fait que les conducteurs des groupes dans un bobinage bipolaire à quatre sections, etc., sont plus délicats à trouver. On voit qu'il y a intérêt à repérer les conducteurs pendant le bobinage.

Sur la figure 337, nous avons marqué la ligne extérieure au pôle 1 au moyen de T_1 et B_1, voulant ainsi marquer que le conducteur de gauche de chaque groupe était un conducteur de sommet (T) et le conducteur de droite un conducteur de base (B). Sur la figure 344, tous les groupes sont repérés par T_1B_1, T_2B_2, etc., et chaque groupe est repéré par une flèche pour montrer ce qu'est un schéma de repérage en flèches.

Sur la figure 345, on a établi un schéma de connexion étoile-série en partant de la figure 344. Dans ce cas, nous voulions avoir les trois conducteurs de ligne voisins les uns des autres et centrés entre les deux fentes marquées X sur le circuit magnétique. Les groupes 5, 6 et 1 furent choisis pour amener les conducteurs de ligne — soit B_5 du groupe 5, B_1 du groupe 1 et T_6 du groupe 6. L'emploi d'un schéma en flèches permet de choisir facilement les conducteurs désirés. Nous aurions pu choisir tous les conducteurs de sommet, comme T_6, T_2 et T_4, mais on aurait eu alors des conducteurs plus longs.

Sur les figures 345 et 343, le conducteur T_6 est le conducteur de la moitié supérieure de la dernière section bobinée. Ainsi, T_6 et B_6 sont faciles à localiser pour commencer les connexions. Si l'on adopte une méthode systématique de sortie des conducteurs de chaque section pendant le bobinage, comme on le voit sur la figure 343, il devient très facile de choisir les conducteurs de ligne et les conducteurs d'étoile, puis les ponts, de mémoire, et sans utiliser de lampe témoin.

25462-1-51. — Imp. Villain et Bar, Paris. Dépôt légal 1er trimestre 1951 - N° 2237.